NAZIONALE
B. Prov.
X
274
BIBLIOTECA
VITT. EM. III
NAPOLI

BIBLIOTECA PROVINCIALE
Armadio
Palchetto
Num.° d' ordine

Digitized by Google

B Prov.
X
244

Digitized by Google

543086

Geſchichte

der

Mathematik

ſeit der älteſten bis auf die neueſte Zeit

von

Johann Heinrich Moritz Poppe.

BIBLIOTECA PROVINCIALE NAPOLI

Tübingen,
bei C. F. Oſiander.

1828.

Vorrede.

Ich wage es, mit einer Geſchichte der Mathematik hervorzutreten, welche den Mathematikern, hauptſächlich den Anfängern und Liebhabern der Größenlehre, in bündiger Kürze und in zuſammenhängender chronologiſcher Ordnung eine möglichſt vollſtändige, nicht durch gelehrte Citate unterbrochene Ueberſicht über alle mathematiſche Erfindungen und Entdeckungen, von der älteſten bis auf die neueſte Zeit, geben ſoll. Ich darf wohl behaupten, daß ein ähnliches Werk, welches ich eigentlich als Handbuch der Geſchichte der reinen und angewandten Mathematik betrachten möchte, in unſerer deutſchen Litteratur noch nicht vorhanden iſt. Was Reinmann in ſeiner Historia literaria vom Jahr 1709, und Heilbronner in ſeiner Historia matheseos vom Jahr 1742 von der Geſchichte jener Wiſſenſchaft beibringen, iſt für unſer Zeitalter, wo beſonders die angewandte Mathematik einen ſo großen Zuwachs erlangt hat, zu dürftig. Der Franzoſe Montucla gab

im Jahr 1758 in zwei ſtarken Quartbänden eine ſehr ſchäzbare Histoire des Mathematiques heraus, ein Werk, wovon einigemal eine deutſche Ueberſetzung angekündigt wurde, aber nie eine erſchien. Auch abgeſehen davon, daß dieſes Werk weitläuftig abgefaßt iſt, weil ſich der Verfaſſer viel auf Erklärung der mathematiſchen Gegenſtände ſelbſt einließ, und daß es, auch in der mehrere Jahre nachher erſchienenen neuen Auflage, die neueſten Erfindungen und Entdeckungen in der Mathematik nicht enthält, ſo ſind darin die Deutſchen, denen alle Theile der Größenlehre ſo viel verdanken, gegen des Verfaſſers Landsleute im Ganzen offenbar zurückgeſezt worden. Daſſelbe kann man auch von der im Jahr 1800 in zwei Bänden erſchienenen Histoire des Mathematiques des Boſſût ſagen, wovon Reimer im Jahr 1804 eine gute deutſche Ueberſetzung beſorgte. In dieſem Buche ſind aber auch die verſchiedenen Zweige der Mathematik ziemlich zerſtückelt und unter einander gemengt vorgetragen, manche Zweige, wie die mechaniſchen und optiſchen Wiſſenſchaften, ſehr kurz und unvollſtändig behandelt worden. Die Geſchichte der Mathematik, welche der ehrwürdige Käſtner als 80jähriger Greiß in den Jahren 1796 bis 1800 für die Göttingiſche Geſchichte der Künſte und Wiſſenſchaften in 4 Bänden ausarbeitete, kann kaum eine Geſchichte

genannt werden, ſondern blos Materialien zur Geſchichte. Das Werk enthält nämlich blos Auszüge aus alten, zum Theil ſeltenen, mathematiſchen Büchern, und geht hiermit nur bis gegen das Ende des ſiebzehnten Jahrhunderts.

Indeſſen kann man leicht denken, daß ich jene verſchiedenen hiſtoriſch mathematiſchen Werke, ſowie diejenigen über einzelne mathematiſch hiſtoriſche Zweige, z. B. Weidlers Historia astronomiae vom Jahr 1741; Baillevs Geſchichte der ältern und neuern Sternkunde, 4 Bände (1777—1796.); Prieſtleys von Klügel überſetzte und verbeſſerte Geſchichte der Optik, 2 Theile (1775), nebſt vielen anderen bei der Ausarbeitung des vorliegenden Buchs benutzt habe. Schon als ich noch in Göttingen war, beſchäftigte ich mich mit einigen hiſtoriſch-mathematiſchen Arbeiten, wie unter andern meine beiden Preisſchriften: de usibus circuli et aliarum curvarum in artibus mechanicis et architectura; und: de incrementis et progressibus litterarum mechanicarum seculo duo devigesimo bezeugen, wovon jene im Jahr 1800 von der Univerſität Göttingen, dieſe im Jahr 1805 von der fürſtl. Jablonowskyſchen Societät der Wiſſenſchaften zu Leipzig gekrönt wurde. Manche damals zu-

gleich mit geſammelte und bis jetzt in dem Pulte aufbewahrte Notiz kam mir erſt jetzt zu ſtatten.

Die Geſchichte der reinen Mathematik macht in vorliegendem Buche die erſte, die Geſchichte der angewandten Mathematik die zweite Abtheilung aus. Zur angewandten Mathematik habe ich die mechaniſchen, optiſchen und aſtronomiſchen Wiſſenſchaften gerechnet. Die dritte Abtheilung enthält die vornehmſten Schriften über reine und angewandte Mathematik. Eine vollſtändige mathematiſche Litteratur konnte ich in den wenigen Bogen nicht liefern, und brauchte ſie auch nicht zu liefern, weil wir ſchon, auch außer der Litteratur des Erſch, die 3 Bände ſtarke Einleitung zur mathematiſchen Bücher-Kenntniß von Scheibel (Breßlau 1769—1789), die 5 Bände ſtarke Bibliotheca mathematica von Murhard (Leipzig 1797—1805) und die mathematiſche Bibliothek von Müller (Nürnberg 1820) beſitzen. Was ich gab, betrifft nur die Hauptwerke der mathematiſchen Litteratur, vornehmlich in Beziehung auf die in meiner Geſchichte angeführten Männer. Wenn ich noch dieſes oder jenes wichtige Werk ausgelaſſen und dafür manches minder wichtige eingereihet haben ſollte, ſo verdient dies wohl einige Entſchuldigung.

Was meine eignen in die Mathematik einſchlagenden, in der dritten Abtheilung natürlich nicht mit aufgeführten Schriften betrifft, ſo will ich darunter hier, außer obigen lateiniſchen Preisſchriften, nur nennen: das Wörterbuch der Uhrmacherkunſt, 2 Bände, Leipz. 1799—1800. 4.; die praktiſche Abhandlung über die Lehre von der Reibung, Gött. 1801. 8.; die ausführliche Geſchichte der Uhrmacherkunſt (und der Uhren ſelbſt) Leipz. 1801. 8.; die ausführliche Geſchichte aller krummen Linien ꝛc. Nürnb. 1802. 8.; die Encyclopädie des geſammten Maſchinenweſens, 8 Bände, Leipz. 1803—1827. 8. (deren 1ter u. 2ter Band neue Aufl. 1820 u. 1826); die Mechanik des achtzehnten Jahrhunderts und der erſten Jahre des neunzehnten, eine gekrönte Preisſchrift, Hannover u. Pyrmont 1808.; das Lehrbuch der reinen und angewandten Mathematik, 2 Bände, Frankf. a. M. 1814 u. 15. 8. (Neue Aufl. 1820.); die Wand-, Stand- u. Taſchenuhren, ihr Mechanismus ꝛc. Frankf. a. M. 1818. (Neue Aufl. 1825.) 8.; das Lehrbuch der Maſchinenkunde, Tübingen 1821. 8.; der aſtronomiſche Jugendfreund, 4 Theile, Tübingen 1822. 8.; die ganze Lehre vom Sehen, Tübingen, 1823. 8.; die Volks-Größenlehre, Stuttgart 1827. 8.

Für vollkommen kann ich natürlich mein Werk nicht halten. Wie anmaßend wäre dies nicht ſchon allein

bei dem weiten Felde der mathematiſchen Diſciplinen! Wie leicht können mir da nicht ſelbſt wichtige Gegenſtände entgangen ſeyn! Ich bin aber ſchon ſehr zufrieden, wenn man mein Buch nützlich findet und wenn billig denkende Sachkenner mich auf die Unvollkommenheiten deſſelben aufmerkſam machen.

Tübingen, den 31. März 1828.

D. J. H. M. Poppe,
Hofrath und Profeſſor.

Digitized by Google

Inhalt.

	Seite
Einleitung in die Geſchichte der Mathematik . . .	1

Erſte Abtheilung.

Geſchichte der reinen Mathematik	17

Erſter Abſchnitt.

Geſchichte der Arithmetik oder Rechenkunſt . . .	17

Zweiter Abſchnitt.

Die Geſchichte der Geometrie	56

Dritter Abſchnitt.

Die Geſchichte der praktiſchen Geometrie insbeſondere .	99

Vierter Abſchnitt.

Die Geſchichte der Trigonometrie insbeſondere . .	118

Fünfter Abſchnitt.

Die Geſchichte der Algebra und Analyſis . . .	128

Zweite Abtheilung.

Geſchichte der angewandten Mathematik . . .	163

Seite

Erſter Abſchnitt.

Geſchichte der mechaniſchen Wiſſenſchaften . . . 195

Zweiter Abſchnitt.

Geſchichte der optiſchen Wiſſenſchaften 308

Dritter Abſchnitt.

Die aſtronomiſchen Wiſſenſchaften 429

Dritte Abtheilung.

Litteratur der Mathematik 571

I. Allgemeine mathematiſche Werke, und Schriften über Arithmetik, Algebra und höhere Analyſis . 571

II. Schriften über niedere, höhere und praktiſche Geometrie, ſowie über Trigonometrie . . . 588

III. Schriften über die mechaniſchen Wiſſenſchaften 626

IV. Schriften über Optik 645

V. Schriften über die aſtronomiſchen Wiſſenſchaften 651

Einleitung
in die Geſchichte der Mathematik.

§. 1.

Die erhabenſte und ſicherſte aller Wiſſenſchaften iſt die Größenlehre oder Mathematik. Keine andere Wiſſenſchaft zeichnet ſich durch hellere Grundſätze, genauere Lehrſätze und ſchärfere Beweiſe aus; keine greift auch vielfältiger und nützlicher in das menſchliche Leben ein. Daß ſie ſchon bei den Alten ſehr viel galt, zeigt ja ihr Name an. Dieſer iſt griechiſchen Urſprungs; μαθημα (Mathema) heißt ſo viel als Wiſſenſchaft, ſoll nämlich den Kern aller Kenntniſſe oder die vornehmſte der Wiſſenſchaften bedeuten. Die berühmteſten Philoſophen des alten Griechenlands ſahen ſie als die Grundpfeiler oder Hauptſtützen der geſammten Weltweisheit an. Als ſehr wichtig betrachteten ſie auch ſchon ihren Einfluß auf die Erhöhung der Verſtandeskräfte. Unter andern hat dies Plato deutlich genug dargethan.

§. 2.

Der Anfang der Mathematik verliert ſich in dem tiefſten Dunkel des Alterthums; wir können ihn eben ſo wenig angeben, als den Urſprung der meiſten übrigen Wiſſenſchaften. Als die Menſchen in geſellſchaftliche Verbindungen traten, als ſie ſich Hütten bauten und die Oberfläche der Erde in Felder eintheilten, als ihre verſchiedenen Arbeiten zu Haus, auf dem Felde und in den Wäldern, allerley Geräthſchaften, Vorrichtungen zum Fortbewegen ſchwerer Laſten u.

dgl. nothwendig machten; da mußten in ihnen auch ſchon allerley Begriffe von Größen entſtehen und bis zu einem gewiſſen Grade ausgebildet werden. Dieſe Größenlehre oder Mathematik war freilich noch eine ſehr einfache, natürliche Mathematik, gegründet auf wenigen Kenntniſſen, welche die geſunde Vernunft herbeibrachte. Als aber die Menſchen ihre Aufmerkſamkeit nicht blos den Gegenſtänden auf der Erde, ſondern auch der Pracht des geſtirnten Himmels, den vielen herrlichen, über ihren Häuptern in beſter Ordnung dahin rollenden leuchtenden Weltkörpern zu widmen anfingen, und die mancherley daraus abfließenden Erſcheinungen beobachteten, da mußten ſie auch ſchon weitere Fortſchritte in der Mathematik thun. Denn nun konnte es nicht fehlen, daß man von irdiſchen Gegenſtänden auf jene himmliſchen manche ſcharfſinnige Schlüſſe machte, Schlüſſe, woraus man Größen an den Himmelskörpern zu beſtimmen ſuchte, namentlich Größen, welche ſich auf ihre Bewegungen bezogen. Freilich verfehlten damals dieſe Schlüſſe die Wahrheit oft gar ſehr.

§. 3.

So ſtand es damals mit der Mathematik der alten Morgenländer, vornehmlich der Chaldäer und Aegyptier. Wie weit ihre Kenntniſſe in der Größenlehre gingen, wiſſen wir nicht. Daß ſie aber nur wenig darin vorgerückt waren, möchte wohl ſchon die unvollkommene Methode der alten Aegyptier beweiſen, die Höhe der Pyramiden aus der Länge ihrer Schatten zu meſſen.

Für uns ſind die Lehrer der Mathematik die Griechen, die ihre Kenntniſſe von den Morgenländern geerbt hatten. Waren dieſe Kenntniſſe anfangs auch nicht von Bedeutung,

ſo vermehrten ſie ſich doch ſchnell durch eigne Kraft der Griechen; denn bald überholten dieſe ihre Lehrer und machten in jener Wiſſenſchaft ausnehmende Fortſchritte. Sie bereicherten die Größenlehre mit vielen neuen Entdeckungen und bauten dieſe Wiſſenſchaft zuerſt auf feſte ſichere Grundlagen.

§. 4.

Die größten Philoſophen bei den Griechen waren Mathematiker, wie Pythagoras, Plato ꝛc. Nur von Socrates behauptet man das Gegentheil. Indeſſen, wenn dieſer berühmte Weltweiſe ſich auch nicht als Mathematiker gezeigt hat, ſo verachtete er die Größenlehre doch keineswegs; er ſetzte ſich dem blos ſpekulativen Strome derſelben, und nicht mit Unrecht entgegen.

Thales legte 640 Jahre vor Chriſti Geburt den Grund zur wahren Geometrie in Griechenland. Er war es, der zuerſt die Höhe der Obelisken mittelſt des Schattens, die Entfernung zweyer Schiffe von einander u. dgl. maß. Aus Aegypten hatte er ſeine erſten Kenntniſſe geholt. Geometer vor ihm waren Euphorbus und Theodor von Samos; aber weit ſtanden dieſe noch zurück. Nach Thales war Pythagoras, der 580 Jahre vor Chriſtus lebte, vorzüglich berühmt, namentlich durch ſeine geometriſchen und aſtronomiſchen Entdeckungen, die ihm ſchon allein die Unſterblichkeit bereiteten.

Hipparchus ſtellte vornehmlich die Aſtronomie unter den Griechen wieder her. Er bereicherte dieſe Wiſſenſchaft mit manchen wichtigen Entdeckungen; und wenn auch zwiſchen dieſen Entdeckungen irrige Anſichten und Meinungen mit unterliefen (wie dies damals und in der Folge auch bei andern

großen Männern der Fall war), ſo wird man doch ſeinen Namen ſo lange mit Achtung nennen, als die Welt ſteht.

§. 5.

Sehr viel auf Mathematik hielt Plato, der Gott ſelbſt einen geometriſirenden Gott, gleichſam den beſten Geometer, nannte. Plato, welcher 400 Jahre vor Chriſti Geburt lebte, ſah die Geometrie, nicht mit Unrecht, als den Hauptſchlüſſel der ganzen Mathematik an. Er war nach Aegypten und nach andern Ländern gereiſt, um berühmte Mathematiker zu hören. Nach ſeiner Rückkehr ſtiftete er in Griechenland die berühmte Schule, welche von ihm ihren Namen erhielt. Durch die Mathematik, beſonders durch die Geometrie, legte er den Grund zu ſeinen übrigen Wiſſenſchaften. So wurde er Erfinder der geometriſchen Analyſis und vielleicht auch der Kegelſchnitte; wenigſtens erweiterte er die letztere Lehre auf eine nicht unbedeutende Weiſe. Und nach ſeinem Tode wurde die Mathematik im Lyceo noch weiter getrieben.

Vermuthlich unter der Anleitung eines der erſten Nachfolger Plato's wurde Euclides zum Mathematiker gebildet. Dieſer unſterbliche Mann, welcher 284 Jahre vor Chriſti Geburt lebte, iſt noch immer ſo berühmt, daß ſchon jeder Anfänger in der Größenlehre ſeinen Namen mit höchſter Achtung nennt. Sein Vaterland kennt man nicht; wohl aber weiß man, daß er zu Athen unter den Platonikern ſtudirte.

Euclides war ſtill und beſcheiden; er ſchätzte beſonders diejenigen hoch, welche etwas zur Aufnahme der Mathematik beitrugen. Seinem Könige, dem er nicht ſchmeichelte, belehrte er geradezu, daß es keinen königlichen

Weg zur Erlernung der Mathematik gäbe. Seine Elemente, eine Sammlung der von ihm entdeckten geometriſchen und arithmetiſchen Sätze, verewigen ſeinen Namen, und werden noch immer als ein mathematiſches Muſterwerk angeſehen. Wie unzählig viele Mal faſt in allen Sprachen wurden dieſe Elemente von Neuem herausgegeben! Wie unzählig viele Mal werden ſie noch herausgegeben werden! Wenn auch mehrere geiſtvolle Männer der neuern Zeit, wie z. B. Lichtenberg, in Hinſicht auf die Wiſſenſchaften der Alten erklärt haben, es gereiche uns nicht zur Ehre, ſo Vieles nicht beſſer machen zu können oder beſſer machen zu wollen, als die Alten es machten, ſo iſt doch, in Beziehung auf Euclids Geometrie, wenig in den Elementen dieſer Wiſſenſchaft verändert worden.

§. 6.

Ausgezeichnete Mathematiker, vornehmlich Geometer und Aſtronomen, bei den Griechen waren noch Anaximander, Anaxagoras, Ariſtoteles, Perikles, Pherecydes, Archytas, Democrit, Hippocrates, Callippus, Meton, Menechmus, Ariſtäus, Theophraſtus, Eudemus, Philolaus, Empedocles, Dicearchus, Helikon, Eudoxus, Laodamas, Nicomedes, Pytheas, Timocharis, Conon, Ariſtarchus, Nicoteles, Eratoſthenes, Doſitheus, Apollonius, Diophant, Archimedes, Ptolemäus, Geminus, Cteſibius, Hero, Soſigenes, Philo, Menelaus, Theon und ſeine Tochter Hypatia, Pappus, Diocles, Proclus, Iſidor, u. a.

So ſoll Empedocles ſchon die Centralkräfte gekannt haben; und Philolaus lehrte zuerſt deutlich die Be-

wegung der Erde und die Ruhe der Sonne. Auch Ariſtoteles that daſſelbe und verſetzte dadurch dem Pythagoriſchen Syſtem einen tödlichen Streich. Archytas löſte die Aufgabe von zwei mittlern Proportionallinien auf; er bearbeitete die Lehre von den regulären Körpern und erfand auch viele Maſchinen. Hippocrates lehrte, daß die Verdoppelung des Würfels auf der Erfindung zweyer mittlerer Proportionallinien beruhe. Dicearchus maß geometriſch die Höhen der Berge. Democrit erkannte es, daß die Milchſtraße aus vielen kleinen Sternen beſtehe, u. ſ. w. Was aber beſonders der 212 Jahre vor Chriſti Geburt ermordete Archimedes in der Geometrie, Mechanik und Optik geleiſtet hat, wird noch nach Jahrtauſenden mit Bewunderung geprieſen werden.

§. 7.

Einer der ſpätern griechiſchen Mathematiker, und zwar ein Mathematiker der vorzüglichſten Art war Diophant. Beſonders kultivirte er die Rechenkunſt; und wenn er auch nicht der Erfinder der Algebra war, wofür man ihn oft anſieht, ſo hat er doch wenigſtens zu dieſer Wiſſenſchaft die Bahn gebrochen.

Die Pythagoräer kannten nur die Arithmetik, Geometrie, Muſik und Aſtronomie, als Theile der Mathematik; die Platoniker kannten die Geometrie, Stereometrie, Arithmetik, Muſik und Aſtronomie. Zu den Zeiten des, 340 Jahre vor Chriſti Geburt lebenden, Ariſtoteles war ſchon die Mechanik und Optik hinzugekommen. In letzterer Wiſſenſchaft wurde aber am wenigſten gethan, weil die Phyſik der Alten nicht viel taugte, mit Ausnahme einiger Kenntniſſe, die mit der Geometrie in Verbindung ſtanden.

§. 8.

So wie in der Welt Alles vergänglich iſt, ſo war es, leider! auch mit der Mathematik unter den Griechen. Schon Kriege der verſchiedenen griechiſchen Staaten unter ſich zerrütteten Vieles in dem politiſchen Leben und brachten auch ſehr merklich die Wiſſenſchaften zurück. Pappus, Theon und Hypatia, die Tochter des letztern, waren hauptſächlich diejenigen, welche den gänzlichen Fall der Mathematik noch aufhielten. Pappus war, 375 Jahre nach Chriſti Geburt, faſt der letzte griechiſche Original-Schriftſteller. Seine mathematiſchen Sammlungen zeugen von herrlichen Einſichten in der Größenlehre, hauptſächlich in der Geometrie. Theon lehrte mit ihm zu gleicher Zeit in Alexandrien. Auch Hypatia lehrte daſelbſt die Philoſophie und Mathematik. Daſſelbe gelehrte Frauenzimmer ſchrieb über den Apollonius und Diophant, verfertigte aſtronomiſche Tafeln und brachte noch manche andere mathematiſche Arbeiten ans Licht, die aber, leider! insgeſammt verloren gegangen ſind.

Wenn nachher auch ein Diocles, 400 Jahre, Proclus, 500 Jahre, und Iſidor, 530 Jahre nach Chriſti Geburt, ſich um die Mathematik noch verdient machten, ſo nahmen doch die Rückſchritte dieſer Wiſſenſchaft in Griechenland noch zu, als dieſes Land von den Römern durch die Gewalt der Waffen unterjocht wurde. Aber ſelbſt zu dieſer Zeit blieb doch immer noch die Oberherrſchaft ihres Geiſtes ſichtbar, ſowie merkliche Spuren ihrer Meiſterſchaft in den ſtrengen Wiſſenſchaften zurückblieben.

§. 9.

Die Römer brachten es in der Mathematik nie über das

Mittelmäßige. Gewiſſermaßen waren die römiſchen Mathematiker nur Ueberſetzer oder Erklärer der berühmten griechiſchen Schriftſteller, wie z. B. des Archimedes, des Apollonius u. a. Unter Auguſt und ſeinen Nachfolgern bemerkt man blos einige gelehrte Aſtronomen, Mechaniker und Baukünſtler unter ihnen. Poſidonius aſtronomiſches Kunſtwerk war berühmt. Aber ſelbſt Julius Cäſar hielt es nur für eine Ergötzung der Aſtronomie. Boethius war Lehrer der Mathematik für die mittlern Zeiten; aber viel und gründliches war nicht von ihm zu lernen. Auch was Caſſiodor lehrte, bedeutete nicht viel. Vitruvs Baukunſt war wohl das Beſte von den in die Mathematik einſchlagenden Werken aus jener römiſchen Zeit.

§. 10.

Als nach Theodoſius Tode das große römiſche Reich getheilt und die eine Hälfte deſſelben von den Barbaren erobert wurde, da hatten ſich die ſtrengen Wiſſenſchaften faſt ganz nach dem Muſeum zu Alexandrien geflüchtet. Aber auch hier konnten ſie die ihnen übrig gebliebene Kraft nicht erhalten. Ja, es dauerte nicht lange mehr bis zum gänzlichen Untergange dieſer gelehrten Anſtalt, welche faſt tauſend Jahr in Flor geweſen, und woraus ſo viel Gutes für die Wiſſenſchaften hervorgegangen war. Denn um die Mitte des ſiebenten chriſtlichen Jahrhunderts wurde dieſes herrliche Muſeum von den Arabern durchaus zerſtört, wobei ſehr viele Schriften der gelehrteſten Männer mit untergingen.

Indeſſen war doch unter den Arabern ſelbſt, als ſie die Waffen bei Seite gelegt hatten, mancher Funke von Gelehrſamkeit entwickelt worden, der in ihrem Geiſte ein Licht

anzündete. Denn ſchon nach hundert Jahren ſah man dieſe Völker Aſtronomie treiben, von der ſie freilich ſchon längſt allgemeine Kenntniſſe gehabt hatten. Gegen ſiebenhundert Jahre lang blühten die mathematiſchen Wiſſenſchaften in denjenigen Ländern, welche unter der Herrſchaft der Araber und in der Folge auch der Perſer ſtanden. Von den Mauren (Mohren) wurden ſie zuerſt nach Spanien gebracht und von dieſem Lande aus auch nach dem übrigen Europa hin verpflanzt.

§. 11.

Dürre, für die Mathematik und für alle übrige Wiſſenſchaften unfruchtbare Jahrhunderte traten jetzt in Europa ein. Faſt nur allein bei den Arabern fand die Mathematik im zehnten, eilften, zwölften und dreizehnten Jahrhundert ihre Zuflucht. Vorzüglich war es die Aſtronomie, die von ihnen bearbeitet und mit mannigfaltigen neuen Entdeckungen bereichert wurde. Auch überſetzten ſie den Euclides, den Apollonius, den Archimedes und andere berühmte Griechen. Nicht ſelten trieben auch ihre Fürſten die Mathematik. Das thaten unter andern zu Anfange des zehnten Jahrhunderts der große Haroun Al Raſchid und deſſen Sohn Al Mamon. Die Perſer und Chineſer traten in ihre Fußſtapfen. Naſireddin war ein berühmter perſiſcher Geometer. Was die Indianer von dieſer Wiſſenſchaft wußten, war von geringer Bedeutung, und oft untermengt mit dem ſeltſamſten Aberglauben.

Als ſpäter, namentlich im ſechszehnten und ſiebzehnten Jahrhundert, die Aſtronomie der Chineſer, ſammt den Hülfswiſſenſchaften der Sternkunde, in Verfall gerathen war,

da halfen die nach China wandernden Jeſuiten ihr ſo ſehr wieder empor, daß ſie ſogar vor der europäiſchen Aſtronomie den Vorzug erlangte.

§. 12.

Einen eigentlich berühmten Mathematiker gab es von Conſtantin oder dem vierten Jahrhundert an bis zum dreizehnten nicht. Jene Jahrhunderte konnten zwar mitunter manche Liebhaber der Größenlehre aufweiſen; aber keine ſolche Mathematiker, die in der Wiſſenſchaft Epoche gemacht hätten. Am Ende des zehnten Jahrhunderts hatte ſich Gerbert, nachmaliger Pabſt Sylveſter II., manche gute Kenntniſſe der Mathematik, vorzüglich der Aſtronomie und Mechanik erworben. Im eilften Jahrhundert brachte Johannes Campanus die Mathematik wieder etwas in die Höhe. Um die Mitte des dreizehnten Jahrhunderts aber hob König Alphonſus von Kaſtilien die Aſtronomie ſehr empor, nachdem vorher Kaiſer Friedrich II. ſchon viel für dieſe Wiſſenſchaft gethan hatte.

Albrecht Groot oder Groß wurde im dreizehnten Jahrhundert wegen ſeiner aſtronomiſchen und mechaniſchen Kenntniſſe bewundert. Aber dem Roger Baco, der in der letzten Hälfte des dreizehnten Jahrhunderts lebte, kam er an Berühmtheit lange nicht gleich. Dieſer machte ſich beſonders in der Optik, ſowie auch in der Aſtronomie und Mechanik, ſehr bemerkbar. Durch ihn lernten wir zuerſt die Brillen, die Vergrößerungsgläſer und andere linſenförmige Augengläſer kennen, die erſt ein Paar hundert Jahre nachher zu den Fernröhren angewandt wurden. Auf jeden Fall eine ſehr wichtige Epoche für die Optik und Aſtronomie!

§. 13.

Durch die Erfindung der eigentlichen Bouſſole oder des Compaſſes im Jahr 1302, welche wir dem Neapolitaner Flavio Gioja verdanken, geſchah in der Mathematik auch ein bedeutender Schritt vorwärts. Denn dieſe Erfindung hatte vielen Einfluß auf ſpätere Erfindungen und Entdeckungen in der Schifffahrtskunde, Aſtronomie, mathematiſchen Geographie und praktiſchen Meßkunſt. Außer dem Mechaniker Jakob de Dondis hatte das vierzehnte Jahrhundert keine Mathematiker von Erheblichkeit.

Erſt im fünfzehnten Jahrhundert kam die Mathematik unter den Europäern mehr in Aufnahme und machte nach und nach ſehr merkliche Fortſchritte. Die wahren Wiederherſteller der Mathematik, vornehmlich der Aſtronomie, waren Peurbach (oder Purbach) und Regiomontan, auch de Monte Regio genannt. Was ſie in jenen Wiſſenſchaften leiſteten, wird nie vergeſſen werden. Auch Bernhard Walther, Regiomontans Schüler, erwarb ſich einen berühmten Namen, ſowie Johannes Bianchini aus Bologna, Dominikus Maria (der Lehrer des Copernikus in Bologna), Lucas de Burgo (oder Pacioli) und einige andere. Den berühmten Nürnbergiſchen Maler und Zeichenkünſtler Albrecht Dürer, welcher ſich auch in der Geometrie, Perſpektive und Fortifikation auszeichnete, kann man gleichfalls hierher rechnen. — Unter allen dieſen verdienten Männern haben freilich Purbach, Regiomontan und Walther zur Verbreitung der Mathematik in Deutſchland das meiſte beigetragen. In Nürnberg ſind ſelbſt viele Künſte und Gewerbe durch Beihülfe der Mathematik mit deſto größerm Nachdruck betrieben worden.

§. 14.

Angereizt durch die Bemühungen der gelehrten Männer des fünfzehnten Jahrhunderts, wurde die Mathematik im ſechszehnten Jahrhundert noch weit mehr vervollkommnet. Eine blühende Periode, angefüllt mit höchſt wichtigen Erfindungen, eröffnete ſich dieſer erhabenen Wiſſenſchaft. Franz Maurolycus, Nicolaus Tartaglia und Friedrich Commandinus, ferner Peter Ramus, Franz Vieta, Peter Metius, Ludolph van Ceulen (oder von Cölln), Simon Stevin, Johann Werner, Juſtus Byrgius, Conrad Daſypodius, Johann Scheubel, Johann Schoner, Peter Apianus (Bienewitz), Gemma Friſius, Sebaſtian Münſter, Michael Stifel, Nicolaus Copernikus, Tycho de Brahe, Hieronymus Cardanus, Eduard Wright, Guido Ubaldi, Baptiſt Porta ſind Namen, die in der Geſchichte der Mathematik noch nach Jahrtauſenden glänzen werden. Wie weltberühmt haben ſich z. B. nicht ſchon allein Copernikus gemacht durch ſein Sonnenſyſtem (Planetenſyſtem), Vieta durch ſeine vielen algebraiſchen Entdeckungen, Peter Nonius durch ſeine Vorrichtungen zum genauen Abtheilen der geometriſchen und aſtronomiſchen Inſtrumente!

§. 15.

An die großen höchſt wichtigen Erfindungen und Bereicherungen der Mathematik des ſechszehnten Jahrhunderts reiheten ſich diejenigen des ſiebzehnten, wodurch alle Theile dieſer Wiſſenſchaft zu einer noch bedeutendern Höhe gelangten. In dieſem Jahrhundert lebten und wirkten ja Neper (Na=

pier), Brigg, Galileo Galilei, Kepler, Merkator, Newton, Halley, Dörfel, Cavaleri, Guldin, Fermat, Merſenne, Roberval, Torricelli, Pascal, Descartes (Carteſius), Wallis, Wren, Huyghens (Hugenius), Grandi, Viviani, Vieta, Girard, Harriot, Oughtred, Leibnitz, Jacob Bernoulli, Johann Bernoulli, Cavendiſch, Schooten, de Rheita, Snellius, Barrow, Maupertuis, Simon Marius, Riccioli, Grimaldi, Fabricius, Stevin, Ubaldi, Caſtelli, Mariotte, de la Hire, de l'Hoſpital, Varignon, Römer, Maclaurin, Robert Hook, Amontons, Caſſini, Parent, Auzout, Bradley, Hevel, Flamſtead, de la Caille, Borelli, Picard ꝛc.

Männer, wie Descartes, Newton, Leibnitz, Galilei und die Gebrüder Bernoulli allein würden das ſiebzehnte Jahrhundert ſchon zu dem wichtigſten für die Mathematik gemacht haben. In daſſelbe Jahrhundert fiel ja die Erfindung der Logarithmen, der Analyſis des Unendlichen, der Fernröhre u. dgl. m. Nicht zu verwundern iſt es übrigens, daß die meiſten mathematiſchen Erfindungen und Entdeckungen von jungen Gelehrten oder wenigſtens von ſolchen herrührten, die noch in ihren beſten Jahren waren, wie Fermat, Wallis, Newton, Leibnitz ꝛc.

§. 16.

Johann und Jacob Bernoulli ſetzten ihre höheren mathematiſchen Forſchungen zu Anfange des achtzehnten Jahrhunderts noch mit großem Ruhme fort. Zwei andere Bernoullis, Nikolaus und Daniel, reiheten ſich

bald an ſie an; Leonhard Euler trat in ihre Fußſtapfen und wurde bald einer der größten Mathematiker, die je gelebt haben. Mit ihm wirkte der berühmte d'Alembert. Die deutſchen Mathematiker Weigel, Sturm, Hauſen und Wolff gehörten zu den berühmteſten im Anfange des achtzehnten Jahrhunderts. Viel haben beſonders die drei letztern zur Verbreitung dieſer Wiſſenſchaft beigetragen. Der Freiherr von Wolff machte ſich auch berühmt durch die Reformation der Philoſophie mit Hülfe der Mathematik, wie dies vor ihm auch Leibnitz gethan hatte. Einen viel höhern Rang als Geometer und Analyſten errangen in der Folge freilich la Grange, Lambert, Lacroix, Legendre, l'Huilier, Hindenburg, Käſtner, Karſten, Klügel, Pfaff, Gauß und andere, ſowie in der Aſtronomie hauptſächlich Caſſini, Camûs, de la Caille, Clairaut, de la Lande, Tobias Mayer, Bode, Bohnenberger, Wurm, v. Zach ꝛc., in der Mechanik Belidor, Bûat, Boſſût, Langsdorf, Eytelwein, Watt, Bolton u. a. ſich auszeichneten, wie dies alles im Einzelnen möglichſt genau auseinander geſetzt werden ſoll.

Unbeſchreiblich viel trug die Mathematik zum immer weitern Emporkommen aller übrigen Naturwiſſenſchaften bei. Selbſt alle techniſche Künſte wurden durch die Größenlehre viel weiter gebracht. Und was in der neueſten Zeit durch Mathematik auch in der Philoſophie geleiſtet worden iſt, zeigen beſonders die Bemühungen des Königsberger Philoſophen Herbart.

Erſte Abtheilung.

Geſchichte der reinen Mathematik.

Erſte Abtheilung.

Geſchichte der reinen Mathematik.

§. 17.

In der **reinen Mathematik** werden bekanntlich nur die allgemeinern Wahrheiten feſtgeſetzt, erläutert und begründet, welche man von den Größen aller Dinge in der Welt erweiſen kann, die Dinge mögen eine Beſchaffenheit haben, welche ſie wollen. Um dieſe Beſchaffenheit ſelbſt bekümmert man ſich da nicht. In der **angewandten Mathematik** hingegen verbindet man jene Wahrheiten mit den mannigfaltigen Gegenſtänden der Welt, die einer Größen-Beſtimmung fähig ſind.

Alle Größen, die in der reinen Mathematik vorkommen, ſind entweder **abgeſonderte Größen** (**diſcrete Größen, Zahl-Größen**) oder **ſtetige Größen**. Unter jenen Größen verſteht man diejenigen, welche man nur als Mengen betrachtet, ohne auf irgend eine Geſtalt derſelben Rückſicht zu nehmen. Mit ſolchen Größen beſchäftigt ſich die **Arithmetik** oder **Rechenkunſt**. Bei den ſtetigen Größen hingegen kommt es mit auf Ausdehnung und Geſtalt, oder auf die Ordnung der Theile des Dinges an, woran man mathematiſche Unterſuchungen anſtellen will. Solche Größen gehören in die **Geometrie**, wovon die **Trigonometrie** oder **Dreyeckslehre** einen wichtigen Zweig ausmacht.

§. 18.

Die Algebra oder Lehre von den Gleichungen gehört mit zur reinen Mathematik; eben ſo die Analyſis, welche das Unbekannte auf eigne Art mit dem Bekannten ſo verbindet, daß ſich jenes daraus, oft recht ſchön und ſcharfſinnig, entwickeln läßt. Nicht blos auf Zahlengrößen, ſondern auch auf ſtetige Größen wird die Analyſis mit großem Nutzen angewandt. Sie theilt ſich in die Analyſis des Endlichen und Unendlichen. Zu letzterer gehört die ſo höchſt wichtige Differential- und Integralrechnung.

Wenn man von den verſchiedenen Lehren der reinen Mathematik einen Theil abſondert, deſſen Umfang nicht gar groß iſt, und der ſich ſchon mit einem mäßigen Aufwande von Zeit und Kraft lernen läßt, ſo wird derſelbe Elementar-Mathematik genannt. Die übrigen Theile gehören dann zur höheren Mathematik.

Erſter Abſchnitt.

Geſchichte der Arithmetik oder Rechenkunſt.

§. 19.

Daß ſchon die erſten Menſchen der Erde, wenn auch nicht rechnen, doch zählen konnten, iſt wohl ganz natürlich. Jedes Kind, deſſen Verſtandeskräfte ſich einigermaßen entwikkelt haben, zählt ja ſchon die Gegenſtände, welche es um ſich ſieht, zuſammen, z. B. die Finger ſeiner Hände, die Steine, womit es ſpielt, Bäume, Thiere u. dgl. Eben ſo natürlich iſt es wohl, daß die erſten Menſchen, nächſt dem Zuſammenzählen oder Addiren, das Hinwegnehmen gleichartiger Dinge von einer gewiſſen Menge derſelben, oder das ſogenannte Subtrahiren, bald lernen mußten. Das Vervielfältigen einer gewiſſen Menge von Dingen, oder Multipliciren, und das Theilen derſelben, oder Dividiren, war ſchon etwas ſchwerer; und noch ſchwerer diejenige Verbindung von bekannten Größen mit unbekannten, welche wir Proportion nennen, und woraus die gemeinen praktiſchen Regeln, wie Regel de Tri, Regel de Quinque u. ſ. w. abfließen. Hatte man dieſe Kunſt erfunden, ſo war auch ſchon ein Anfang von der wahren Rechenkunſt oder Arithmetik da.

Eine ſolche Arithmetik ſoll von den Phöniziern herrühren; in ihrer Sprache ſoll Phönix ſogar eine geſchrieben haben. Andern Nachrichten zu Folge ſoll Theut (Merkur oder Hermes) der Erfinder des Rechnens ſeyn. Nach dem Joſephus aber wäre Abraham der älteſte Rechenmeiſter

geweſen. Wenn man auch auf ſolche mit fabelhaften Erzählungen gemiſchte Nachrichten nicht viel halten will, ſo iſt doch ſo viel gewiß, daß die älteſten Völker, ihrer Bedürfniſſe wegen, einen Begriff vom Rechnen haben mußten.

§. 20.

Die älteſten Völker, nur die alten Chineſer und Thracier ausgenommen, zählten ſchon nach zehn. Durch die Finger der beiden Hände mußten ſie wohl ſehr leicht darauf verfallen. Zu Zahl=Zeichen bedienten ſie ſich der Buchſtaben ihres Alphabets. Die verſchiedenen Abſtufungen der Zehnen unterſchieden ſie entweder durch Accentzeichen, welche ſie über die Buchſtaben ſetzten, wie die Griechen es thaten; oder durch eigne Zuſammenſetzungen der Buchſtaben, wie die Römer es machten.

Unſere Zahlzeichen oder Ziffern, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, wurden viel ſpäter gebraucht. Die Erfindung dieſer neun Zahlzeichen an und für ſich ſelbſt war gerade nichts merkwürdiges; aber mit denſelben, unter Beihülfe der Null, alle mögliche, ſelbſt die allerhöchſten Zahlen zu ſchreiben, indem man ihnen nur gewiſſe Stellen* anweiſt, war eine der wichtigſten und ſchönſten Erfindungen des menſchlichen Geiſtes. Der Erfinder iſt unbekannt; ohne Zweifel war er ein Morgenländer. Das durfte man wohl ſchon daraus ſchließen, daß die Morgenländer von der Rechten gegen die Linke leſen, und daß eben ſo der Werth der Ziffern zunimmt. Das iſt auch der Grund, warum wir dieſe Zahlzeichen noch immer arabiſche zu nennen pflegen. Was manche Gelehrte für den griechiſchen*Urſprung dieſer Ziffern beigebracht haben, iſt nicht haltbar genug.

§. 21.

Gewiß iſt es, daß dieſe ſchöne Art, Zahlen zu ſchreiben, durch die Araber nach Europa kam, und zwar im zehnten oder eilften Jahrhundert. Die Araber hatten ſie wahrſcheinlich von den Indianern erhalten. Italieniſcher Handel mit dem Morgenlande, Kreuzzüge und Aufenthalt der Mauren in Spanien laſſen ſich die Gelegenheit leicht denken, wie die Ziffern nach Europa kommen konnten. Gerbert, der im Jahr 1003 als Pabſt Sylveſter II. ſtarb, ſcheint unter den erſten geweſen zu ſeyn, die ſie aus Spanien holten; wenigſtens hat er viele Unterſuchungen über das Alter der Ziffern in den Abendländern angeſtellt. Auch iſt er einer der erſten, welcher ſelbſt Ziffern gebraucht hat.

Daß man unſere Ziffern noch nicht bei Griechen und Römern findet, iſt ausgemacht. Zwar behauptet Boethius, daß einige Pythagoräer neun beſondere Zahlzeichen gehabt haben, die den jetzigen arabiſchen ähnlich geweſen ſeyn ſollen; aber wahrſcheinlich waren ſie doch ſehr verſchieden davon; und wenn dies auch nicht geweſen wäre, ſo fand doch noch nicht bei ihnen die ſinnreiche Zuſammenſtellung zu Zahlen ſo ſtatt, wie es vorhin (§. 20.) erwähnt worden iſt.

Archimedes hatte ſchon mit ſehr großen Zahlen zu thun. Er dachte ſich z. B. eine Menge Sandkörner ſo groß, als er ſich die Welt vorſtellte. Er brauchte dazu Ordnungen nach Zehntauſenden oder Myriaden; aber er hatte noch nichts unſeren Ziffern ähnliches. Eben deswegen konnte er auch die Berechnung der Peripherie eines Kreiſes nicht weiter treiben, als bis zu den Gränzen $3\frac{1}{7}$ und $3\frac{10}{71}$, den Durchmeſſer des Kreiſes zur Einheit angenommen. Wollte

er irgend eine ſehr große Zahl ausdrücken, ſo nahm er eine geometriſche Fortſchreitung an, theilte die Glieder derſelben in Claſſen und bezeichnete die Zahl durch die Claſſe und die Stelle derſelben. Seine Sprache gab ihm auch hier nur Zahlwörter bis Zehntauſend. Beim Ptolemäus, der ſchon ziemlich große Berechnungen machte, findet man unſere Zahl-Eintheilung gleichfalls noch nicht. Das Unbehülfliche der römiſchen Zahlzeichen iſt bekannt genug.

§. 22.

Anfangs waren die Zahlzeichen und ihr durch die Stelle ihnen angewieſener Werth nur zum Gebrauch der Mathematik und keinesweges für das gemeine Leben beſtimmt. Selbſt im fünfzehnten chriſtlichen Jahrhundert kommen dieſe Ziffern, ſogar in Urkunden, noch höchſt ſelten vor; damals waren meiſt noch römiſche Zahlzeichen üblich. Erſt nach der Mitte des ſechszehnten Jahrhunderts waren ſie gewöhnlicher. Im fünfzehnten Jahrhundert ſah man ſolche Ziffern auf Steinen mehr, als auf Pergament. Gedruckt waren ſie noch am wenigſten üblich. In ältern gedruckten Büchern findet man ſelbſt Jahrzahlen faſt immer mit Worten oder mit römiſchen Zahlbuchſtaben angegeben.

So wurden zur Römer Zeit, und ſpäter auch, mäßige Rechnungen, z. B. Haushaltungs- und Handelsrechnungen, nie mit Ziffern, ſondern mit Steinen und andern ähnlichen Marken auf einem Rechenbrete gemacht. Auf dieſem Brete waren mehrere parallele Linien verzeichnet; und hier bedeuteten einerley Steine oder ſonſtige ſinnliche Zeichen auf der erſten Linie Einer, auf der zweiten Zehner, auf der dritten Hunderter, auf der vierten Tauſender u. ſ. w. So

konnte man allerdings leichter und bequemer rechnen, als blos mit den Fingern; aber noch leichter und bequemer ging es doch mit den Ziffern. — Heutiges Tages machen allenfalls noch die Sineſer von dem Rechenbrete Gebrauch.

§. 23.

Manche Spielereyen haben die Alten mit Zahlen getrieben, und allerley Aberglauben knüpften ſie an einige derſelben, wie es ja ſelbſt in den neuern Zeiten, namentlich im ſechszehnten Jahrhundert, noch geſchah. So legte ihnen Pythagoras, der ſeine Philoſophie überhaupt ſo gern mit Sinnbildern umhüllte, mehrere geheime Eigenſchaften bei. Er ſchwur nur bei der Zahl vier, welche für ihn die erhabenſte Zahl, gleichſam die Zahl aller Zahlen war. Auch in der Zahl drei fand er mehrere merkwürdige Eigenſchaften. Pythagoras hatte ſich in der ägyptiſchen Gelehrſamkeit unterrichten laſſen, und von den ägyptiſchen Prieſtern oder Gelehrten iſt es bekannt, daß ſie in den Zahlen geheime Beziehungen auf die Einrichtungen der Welt zu finden glaubten und daß ſie eine geheime Zeichenſprache bildeten, um den Uneingeweihten ihre Kenntniſſe zu verſtecken und dadurch ſich ehrwürdiger zu machen. Archytas ſchrieb ein Buch von der zehn; Telanges, der Sohn des Pythagoras, ſchrieb vier Bücher über die Zahl vier; u. ſ. w.

Unter allen arithmetiſchen Entdeckungen des Pythagoras, wovon manche freilich mögen untergeſchoben ſeyn, hat man es blos der Mühe werth gefunden, ſeine Multiplicationstafel oder ſein Einmaleins zu erhalten, das freilich gegen unſer Einmaleins noch ſehr unbequem und ſchwerfällig ſeyn mußte. Denn jene Tafel war theils aus

eignen Charakteren, theils aus Buchſtaben des griechiſchen Alphabets zuſammengeſetzt.

§. 24.

Verſchiedene Formen der Zahlen erdachten die Pythagoräer gleichfalls, z. B. die Polygonalzahlen (dreieckigte, viereckigte ꝛc.), die Pyramidalzahlen, die ebenen und körperlichen Zahlen überhaupt, ſowohl die vollſtändigen, als unvollſtändigen; u. dgl. Es war dies eine Art Verbindung der Arithmetik mit der Geometrie. Sie ſtellten namentlich manche Unterſuchungen über diejenigen Zahlen an, welche die Seiten eines rechtwinklichten Dreyecks geben. Ohnſtreitig iſt Pythagoras ſelbſt, durch die Combinationen ſolcher Zahlen, z. B. drei, vier und fünf, auf ſeinen ſo berühmt gewordenen Lehrſatz, den Magister matheseos gekommen.

Die Pythagoräer erfanden auch die Berechnung der muſikaliſchen Verhältniſſe, wobei ſubtile Beobachtungen und Vergleichungen vorausgeſetzt werden mußten. Eigentlich wird dieſe Erfindung dem Pythagoras ſelbſt zugeſchrieben. Die dazu gehörige Lehre von der Zuſammenſetzung und Theilung der Verhältniſſe mußte jenem Philoſophen ſehr geläufig ſeyn, weil dabei einige kleine Unterſchiede in den Intervallen vorkommen. Es wird ja noch jetzt ein gewiſſes kleines Intervall das pythagoriſche Komma genannt.

§. 25.

Daß die alten Griechen auch manche andere für die Mathematik ſowohl, als für das gemeine Leben brauchbare arithmetiſche Kenntniſſe hatten, iſt gewiß. Sie kannten nicht blos gerade und ungerade Zahlen, Primzahlen

und zuſammengeſetzte Zahlen, die vier Species der Rechenkunſt (Addition, Subtraction, Multiplication und Diviſion), ſondern auch die Eigenſchaften der geometriſchen Verhältniſſe und Proportionen, die arithmetiſchen und geometriſchen Progreſſionen, die Lehren von den Größen, deren Verhältniß ſich in Zahlen nicht völlig genau angeben läßt ꝛc. Dies ergiebt ſich ja aus Euclids fünften, ſiebenten, achten und neunten Buche.

Das berühmte Sieb (Cribrum) des Eratoſthenes, welcher 280 Jahre vor Chriſti Geburt Auſſeher der Bibliothek zu Alexandrien war, gab ein leichtes und bequemes Hülfsmittel ab, die Primzahlen, d. h. diejenigen Zahlen zu finden, welche durch keine andere Zahl, als durch ſich ſelbſt theilbar ſind, wie 1, 2, 3, 5, 7, 11, 13, 17, 23 u. ſ. w. Durch die Löcher dieſes mit Zahlen beſetzten Siebes fielen alle diejenigen Zahlen hindurch, welche keine Primzahlen waren, nämlich die zuſammengeſetzten Zahlen, d. h. diejenigen, welche theilbar ſind, folglich in Faktoren ſich zerlegen laſſen.

§. 26.

Die Alten kannten auch ſchon Verfahrungsarten zur Ausziehung der Quadrat- und Kubikwurzeln. Sie erläuterten die Quadrat- und Kubikrechnungen durch diejenigen geometriſchen Figuren und Körper (Quadrat und Kubus oder Würfel), welche ihren Namen davon haben. Euclid nennt im ſiebenten Buche Produkte aus zwei oder drei Zahlen Flächenzahlen, körperliche Zahlen; er erklärt Quadrat und Würfel einer Zahl ſo, daß man wohl an die geometriſche Größe denken muß. Potenz iſt bei ihm, wie bei den mei-

ſten Alten, mit Quadrat gleichbedeutend, nämlich ein Produkt von zwei gleichen Faktoren, während es bei uns ein Produkt aus gleichen Faktoren überhaupt iſt, alſo auch von drei, vier, fünf, ſechs und mehr gleichen Faktoren.

Die Theorie der irrationalen Größen giebt Euclid (im zehnten Buche) gleichfalls in einer geometriſchen Darſtellung, und zwar mit hohem Scharfſinne und nach einer muſterhaften Methode.

§. 27.

Das ſiebente bis zehnte Buch des Euclids bleiben auf jeden Fall die Hauptquellen der arithmetiſchen Kenntniſſe der Alten. Auch ſind ſie in Abſicht auf Methode und Syſtem bei weitem das Vollkommenſte, was von der Arithmetik der Alten auf uns gekommen iſt. An die Arithmetik des Euclides reiht ſich diejenige des Pythagoräers Nicomachus an, die zwar von allgemeinerm Umfange, in Hinſicht auf Syſtem und Methode aber nicht mit Euclids Lehren zu vergleichen war. Nicomachus hatte ſeine Arithmetik meiſtens aus den Schriften ſeiner Vorgänger geſchöpft; und aus dem Nicomachus ſchöpften wieder andere, wie z. B. Boethius.

Außer den arithmetiſchen Werken des Euclides und des Nicomachus iſt von derſelben Wiſſenſchaft aus jenen alten Zeiten nichts Bedeutendes mehr vorhanden, wenn man nicht etwa noch die Erfindungen des Diophantus (§. 7.), welcher aber ſpäter, vermuthlich im zweiten chriſtlichen Jahrhundert, lebte, mit hierher rechnen will.

§. 28.

Von Ungelehrten wurden die vier Species der Rechenkunſt mit Hülfe eines Rechenbrets (§. 22.) verrichtet.

Solche Rechenbreter wurden auch, z. B. von den Griechen und Römern, in den Schulen gebraucht. Haben die Alten auch allerley praktiſche Rechnungs-Vortheile gewußt, wovon nichts auf unſere Zeiten gekommen iſt, ſo können dieſe doch mit den unſrigen, die aus der Ziffern-Rechnung entſprangen, wenigſtens in Hinſicht der Bequemlichkeit, nicht verglichen werden.

Wie die Alten Quadratwurzeln durch Näherung fanden, ſieht man aus dem aſtronomiſchen Lehrbegriff des Ptolemäus. Die Methode war wohl der unſrigen ähnlich, aber weitſchweifig und auch in Hinſicht der Genauigkeit unvollkommener, wie die unſrige. Aus Theons Werken ſieht man dies gleichfalls. Die Gründe dazu wurden aus der Geometrie hergenommen. Beim Baue der Kriegsmaſchinen, eines wichtigen Theils der praktiſchen Mechanik der Alten, kam es vor, Kubikwurzeln auszuziehen. Auch das geſchah nach gewiſſen feſtgeſetzten Regeln auf eine ziemlich unbehülfliche Art. Gegen Ende des ſechszehnten Jahrhunderts iſt die Ausziehung der Wurzeln, vornehmlich die Näherung, wenn ſie irrational ſind, weiter getrieben worden, als vorher, wo man ſich blos mit Brüchen begnügte, die man an die ganze, die Wurzel anzeigende, Zahl ſetzte. Dem Simon Stevin haben wir hierin viel zu verdanken, vornehmlich weil er hierbei die Decimalbrüche (§. 33.) benutzte. Daſſelbe that Beyer zu Frankfurt am Main ſchon ſeit dem Jahr 1597.

§. 29.

Um die Benennung und Bezeichnung der Potenzen gab man ſich von jeher ſehr viele Mühe. Obgleich man denken ſollte, es wäre ſehr leicht geweſen, auf unſere ſo

einfache Benennungs- und Bezeichnungsart zu kommen, ſo ſcheint man dies doch nicht ſo gefunden zu haben. Die arabiſchen Benennungen waren gleichbedeutend mit Quadrat, Kubus, Quadrato-Quadrat oder Biquadrat, Surſolidum, Quadrat des Kubus, zweites Surſolidum, Quadrato-Quadrato-Quadrat, Kubo-Kubus, Quadrat des Surſolidum, drittes Surſolidum. Andere Benennungen hatten wieder Lucas de Burgo, Chriſtoph Rudolph, Robert Recorde, Bombelli, Stevin, Oughtred, Vieta u. a. Die Bezeichnungen des Chriſtoph Rudolph in ſeiner Cos, 1515 von Stiefel verbeſſert, waren

0	1	2	3	4
1	A	AA	AAA	AAAA

Bombelli gebrauchte in ſeiner 1579 gedruckten Algebra

$$\underset{\smile}{1} \quad \underset{\smile}{2} \quad \underset{\smile}{3} \quad \underset{\smile}{4} \quad \text{u. ſ. w.}$$

Stevin wandte einen kleinen Kreis an, in welchen er den Exponenten der Potenz ſetzte. Harriot ſetzte blos

a aa aaa aaaa u. ſ. w.,

wie es auch Rudolph ſchon früher gethan hatte. Des-cartes aber ſetzte bei höheren Potenzen den Exponenten an die Spitze des Symbols der Grundzahl; und ſo iſt es ſeitdem auch üblich geblieben. Girard hatte ſchon im Jahr 1629 die Exponenten zur Bezeichnung der Wurzeln gebraucht, wie

$$\sqrt{a} \quad \sqrt[3]{a} \quad \sqrt[4]{a} \quad \text{u. ſ. w.}$$

Das Zeichen $\sqrt{}$ iſt anfangs blos ein lateiniſches r (radix, Wurzel) geweſen und hat in der Folge den aufwärts gehenden Zug bekommen, damit man den Exponenten beſſer hineinſchreiben konnte.

§. 30.

Die Gründe zu der ſo nützlichen Regel de Tri finden ſich ſchon beim Euclides. Erſt ſpäter erfand man auch zuſammengeſetztere Rechnungen für die Geſchäfte des gemeinen Lebens, Rechnungen, welche auf Zuſammenſetzung mehrerer Verhältniſſe beruhen, wie Regel de Quinque, Regel de Septem, Geſellſchaftsrechnung, Alligationsrechnung, zuſammengeſetzte Zinsrechnung ꝛc. Im ſechszehnten Jahrhundert waren ſolche Rechnungen nicht ſelten mehr. Sogar fing man damals ſchon an, zuſammengeſetzte Intereſſen zu berechnen, wie die Zinſen, welche jährlich zum Kapital geſchlagen werden.

Diejenige Zuſammenſetzungsart von gewiſſen als Erfahrung angenommenen Verhältniſſen, welche man Kettenregel nennt, wo man nämlich eine unbekannte Größe durch eine kettenförmige Zuſammenſtellung von Zwiſchenverhältniſſen entwickelt, ſoll Graumann im Jahr 1731 zuerſt erfunden haben, obgleich man etwas ähnliches ſchon vor der Mitte des ſechszehnten Jahrhunderts bei Peter Apian und bei Jakob von Coburgk findet. Wenigſtens hat Graumann ihr zuerſt den Namen Kettenregel gegeben. Bald nachher machte es der Holländer de Rees recht deutlich, wie man die Größen zur Kette ordnen müſſe, damit die Auflöſung kurz und leicht ſey. Deswegen nennt man ſie auch oft Reesſche Regel. Willich in Göttingen erläuterte ſie im Jahr 1759 noch mehr; und Nicolaus Schmid in Hannover behandelte ſie in ſeinem Rechenbuche auf eine vorzügliche, recht anſchauliche und empfehlenswerthe Weiſe. Raphael Levis aber gab eine beſondere Methode an, die

Glieder bei der Kettenregel auf das Bequemſte zu ſtellen. Und ſo wird ſie bis jetzt, vornehmlich in kaufmänniſchen Rechnungen, als eine der nützlichſten arithmetiſchen Regeln angewandt.

§. 31.

Der Regel falſi bediente man ſich in frühern Zeiten, als die Algebra noch wenig bekannt war, oder als von ihr noch weniger Gebrauch, wie jetzt, gemacht wurde. Sie beſteht aus einer Methode, irgend eine Rechnungs-Aufgabe durch die Annahme einer willkührlichen Größe, ſtatt der wahren, aufzulöſen, nämlich dadurch, daß man das Facit mit demjenigen, was herauskommen ſollte, vergleicht, und aus dem Unterſchiede die angenommene Zahl berichtigt.

Gemma Friſius verſah die Regel falſi mit Bereicherungen, die ſich auf Fragen beziehen, wo Produkte und Potenzen der geſuchten Zahlen vorkommen. Newton bediente ſich derſelben zur Beſtimmung der Kometenbahnen. Den Satz, man könne aus falſchen Vorausſetzungen Wahrheit folgern, hatte ſchon Tacquet behauptet. Jetzt benutzt man dieſe Rechnungsart gar nicht mehr; wer nur mit Gleichungen vom erſten Grade umzugehen weiß, braucht ſie auch nicht.

Eine ähnliche Bewandniß hat es mit der Regel Cäci (Blindrechnung), wo eine gegebene Zahl in drei oder mehr Theile ſo getheilt werden ſoll, daß, wenn jeder dieſer Theile mit einer gegebenen Zahl multiplicirt wird, die Summe der Produkte wieder eine gegebene Zahl iſt.

§. 32.

Die Primzahlen (§. 25.) konnten von jeher nur empiriſch gefunden werden, indem man alle theilbare Zahlen nach ſichern Regeln ausſucht, wodurch die übrigen als Primzah-

Digitized by Google

len ſich zeigen. Die Methode des Eratoſthenes kennen wir ſchon (aus §. 22.).

Sinnreiche Betrachtungen über die Primzahlen, um ein Geſetz des Fortſchreitens derſelben ausfindig zu machen, und ſie leichter abzuſondern, haben Fermat, Euler, Kraft, Waring, Lambert, Hindenburg u. a. angeſtellt. Sie brachten viel Nützliches darüber zum Vorſchein, aber allgemeine Charaktere derſelben konnten ſie nicht entdecken. Euler zeigte, wie man eine Tafel der Primzahlen verfertigen könne, worin zugleich die kleinſten Theiler der zuſammengeſetzten Zahlen ſich finden. Eine ſolche Tafel war alſo zugleich eine Faktorentabelle, welche zu manchem praktiſchen Behuf, z. B. in der Aſtronomie und in der Mechanik, wo es oft nöthig iſt, eine Zahl in die einfachen Faktoren (oder Theiler) zu zerlegen, nützlich angewendet werden können. Die Deutſchen Schwenter, Neumann und Krüger, die Holländer van Schooten und Anjema und der Engländer Branker ſuchten ſchon durch Zerlegung der Zahlen in Faktoren der Wiſſenſchaft einen Dienſt zu erweiſen. Bekannter machte ſich vor hundert Jahren Johann Michael Poetius durch ſeine Zergliederung der Zahlen, ſo wie Anton Felkel vor fünfzig Jahren. Letzterer erfand auch eine Maſchine, womit man ſogleich eine Zahl in Faktoren zerfällen konnte. Dieſe beſtand aus Stäben, die nach einer beſtimmten Ordnung mit einander verbunden werden mußten, wie die Neperſchen Rechenſtäbe. Sie enthielten zugleich bewegliche Schieber, vermöge welchen ſich die Aufgaben leicht auflöſen ließen. Vor wenigen Jahren fand der Italiener Libri eine analytiſche Formel zur excluſiven Darſtellung aller Prim-

zahlen. Für die Anwendung hatte dieſe Formel aber noch gar viele Schwierigkeiten.

§. 33.

Ein bedeutender Fortſchritt in der Mathematik war das Verfahren, mit Decimalbrüchen zu rechnen. Die Aſtronomen waren die erſten, welche die Bequemlichkeit des Rechnens nach Zehnen einſahen. Das nimmt man ſchon beim Ptolemäus wahr. Die eigentliche ernſtere Veranlaſſung zu dieſer Rechnung aber gab Regiomontan im fünfzehnten Jahrhundert. Er war es, der die Sexageſimal-Eintheilung des Kreis-Halbmeſſers mit der bequemern in zehn Millionen Theile vertauſchte. Die Engländer Buckley und Recorde und der Franzoſe Ramus zeigten um die Mitte des ſechszehnten Jahrhunderts zuerſt, wie bei Ausziehung der Quadratwurzeln die Brüche in Decimaltheilen ausgedrückt werden können, da man vorher der Wurzelzahl nur einen gemeinen Bruch angehängt hatte.

Beſonders ernſthaft empfahl dazu und zu andern Rechnungen ums Jahr 1585 Simon Stevin die Rechnung in Decimaltheilen (§. 28.). Er bediente ſich noch nicht des jetzt üblichen Komma's oder Punktes, um die Stelle anzuzeigen, wo die Ganzen aufhören, ſondern er gab jeder Stelle einen eignen Namen: Prime, Sekunde ꝛc., wie es die Feldmeſſer lange Zeit beibehielten. Seit jener Zeit wurde die Decimal-Rechnung bei den Mathematikern immer gebräuchlicher, wenn ſie auch nicht ins gemeine Leben eingeführt wurde.

§. 34.

Die Polygonalzahlen und figurirten Zahlen, wie ſie ſich am Ende des ſechszehnten Jahrhundert ſchon in

Stiefels Arithmetik finden, waren eigentlich die erſten arithmetiſchen Reihen (arithmetiſchen Progreſſionen), welche es gab.

Unter Polygonalzahlen verſteht man die Summen ſolcher arithmetiſcher Reihen, deren erſtes Glied 1, der Unterſchied aber irgend eine ganze Zahl iſt. Wenn der Unterſchied gleichfalls 1 iſt, ſo heißen ſie Triangularzahlen; wenn er aber 2, 3, 4, 5, 6 u. ſ. w. iſt, ſo nennt man ſie Quadratzahlen, Pentagonalzahlen, Hexagonalzahlen, Heptagonalzahlen, Octagonalzahlen, u. ſ. w. Die alten Mathematiker haben ſich viel mit ſolchen Zahlen beſchäftigt (§. 24.). So kommen ſie z. B. beim Pythagoras und beim Diophant vor. In neuern Zeiten haben ſich ſelbſt berühmte Mathematiker damit abgegeben, wie Fermat, Euler, La Grange, Beguelin, Gauß u. a. Beſonders hat Fermat manche ſcharfſinnige Entdeckung über die Zuſammenſetzung und Zerlegung der Zahlen gemacht. Philipp Geyger zu Zürich zeigte im Jahr 1609 manche Eigenſchaften der Polygonalzahlen und wandte ſie unter andern auch darauf an, Soldaten in eine fünfeckigte, achteckigte ꝛc. Schlachtordnung zu ſtellen.

§. 35.

Faulhaber, Wallis, Newton, Jacob Bernoulli, de Lagny, Käſtner, Euler, Maclaurin, Pasquich, Lorgna, Buſſe, Hindenburg, Pfaff u. a. haben die arithmetiſchen Reihen, beſonders die Reihen höherer Ordnung, mit vielen Unterſuchungen und Entdeckungen bereichert; ſie gaben zugleich ſehr nützliche Formeln darüber. Paſcal ſoll ums Jahr 1665 das arithmetiſche Drei-

eck oder diejenige Anordnung von arithmetiſchen Reihen erfunden haben, welche zuſammen die Form eines Dreiecks darſtellen. Ein ſolches Zahlen-Dreieck kommt aber ſchon beim Girard vor. Jacob Bernoulli hat das Geſetz der figurirten Zahlen zuerſt allgemein erwieſen.

Mit geometriſchen Reihen (geometriſchen Progreſſionen) haben ſich ſchon die alten Morgenländer abgegeben. Das darf man wohl aus der bekannten Erzählung von dem Erfinder des Schachſpiels ſchließen, welcher ſich dafür von ſeinem Fürſten, dem er es überreichte, als Belohnung auf das erſte Feld ein Gerſtenkorn, auf das zweite zwei Gerſtenkörner, auf das dritte vier, auf das vierte acht rc., überhaupt auf jedes nachfolgende das Doppelte des kurz vorhergehenden ausbat. So gering der Fürſt zuerſt dieſe Belohnung hielt, ſo ſehr erſtaunte er hernach, als die Berechnung auf allen 64 Feldern die ungeheure Menge Gerſtenkörner zeigte, ſo viele nämlich, als die ganze Erde nicht in achtzehn Erndten hervorzubringen vermöchte und wenn ſie auch überall in Ackerland verwandelt würde. In der Folge hat man die Reihen auf nutzbarere Gegenſtände angewendet. Ihren größten Nutzen zeigten ſie, in Verbindung mit den Proportionen, bei der Erfindung der Logarithmen.

§. 36.

Die Erfindung der Logarithmen iſt eine der größten, welche je in der Mathematik gemacht worden ſind. Den Namen Logarithme hat man aus dem Griechiſchen hergenommen, und zwar von λογων αριθμος, welches ſo viel als Anzahl der Verhältniſſe bedeutet. Wenn man nämlich irgend eine geometriſche Progreſſion hat, deren erſtes Glied 1 iſt, z. B.

$$1 \quad 2 \quad 2^2 \quad 2^3 \quad 2^4 \quad 2^5 \quad 2^6 \ldots$$

$$= 1 \quad 2 \quad 4 \quad 8 \quad 16 \quad 32 \quad 64 \ldots$$

oder auch

$$1 \quad 10 \quad 10^2 \quad 10^3 \quad 10^4 \quad 10^5 \ldots$$

$$= 1 \quad 10 \quad 100 \quad 1000 \quad 10000 \quad 100000 \ldots$$

u. ſ. w.;

ſo kann man jedes Glied einer ſolchen Reihe als zweites Glied eines aus der Baſis der Reihe (z. B. 1 : 2; 1 : 10 ꝛc.) zuſammengeſetzten Verhältniſſes anſehen. Der Exponent zeigt dann die Zahl der einfachen Verhältniſſe an, welche das zuſammengeſetzte Verhältniß ausmachen. So wäre das fünfte Glied in der Reihe

$$1 \quad 2^1 \quad 2^2 \quad 2^3 \quad 2^4 \quad 2^5 \quad 2^6 \ldots$$

$= 2^4$. Dieſes Glied zeigte an, daß es entſtanden wäre aus der vierfachen Verbindung des Verhältniſſes 1 : 2; nämlich

$$\begin{array}{c} 1 : 2 \\ 1 : 2 \\ 1 : 2 \\ 1 : 2 \\ \hline = 1 : 2^4. \end{array}$$

So würde ferner das ſiebente Glied derſelben Reihe, 2^6 aus der ſechsfachen Verbindung des Verhältniſſes 1 : 2 entſtanden ſeyn. Und ſo in allen übrigen Fällen.

§. 37.

Wenn man unter irgend eine geometriſche Reihe, deren erſtes Glied 1 iſt, die Reihe der natürlichen Zahlen, von 0

an, ſchreibt, ſo erhält man ein logarithmiſches Syſtem; z. B.

1	2	4	8	16	32	64 . . .
0	1	2	3	4	5	6

Die Reihe der natürlichen Zahlen macht die Exponenten der geometriſchen Progreſſion aus, nämlich

$$2^0 \quad 2^1 \quad 2^2 \quad 2^3 \quad 2^4 \quad 2^5 \quad 2^6 \ldots$$

(wo, wie immer, 2^0 ſo viel als 1 iſt). Da nun dieſe Exponenten

0 1 2 3 4 5 6 . . .

welche das Vielfache der Zuſammenſetzung des Grundverhältniſſes andeuten, die Logarithmen der ihnen zugehörigen Glieder ſind, ſo iſt auch jedes Glied aus der Reihe der natürlichen Zahlen der Logarithme desjenigen Gliedes der Reihe, unter welchem jenes Glied ſteht. So wäre z. B. in obiger Reihe 0 der Logarithme von 1; 1 der Logarithme von 2; 2 der Logarithme von 4; 3 der Logarithme von 8; 4 der Logarithme von 16 u. ſ. w. So wäre in dem logarithmiſchen Syſteme

1	10	100	1000	10000	100000
0	1	2	3	4	5

0 der Logarithme von 1; 1 der Logarithme von 10; 2 der Logarithme von 100; 3 der Logarithme von 1000; 4 der Logarithme von 10000 u. ſ. w. Das geometriſche Reihen-Glied, zu welchem irgend ein Logarithme gehört, wird Zahl des Logarithmen genannt. Uebrigens kann es, wie man leicht einſieht, ſo viele verſchiedene logarithmiſche Syſteme geben, als es geometriſche Progreſſionen giebt. Das zuletzt aufgeführte, wo die Zahlen Potenzen der 10 ſind, iſt unter dem

Namen **gemeines logarithmiſches Syſtem** oder **Briggiſches Syſtem** das wichtigſte unter allen.

§. 38.

Wenn nun aber in dem zuletzt genannten Syſteme 1 der Logarithme von 10; 2 der Logarithme von 100; 3 der Logarithme von 1000 u. ſ. w. iſt, welches ſind denn die Logarithmen derjenigen Zahlen, die zwiſchen 1 und 10, zwiſchen 10 und 100, zwiſchen 100 und 1000, zwiſchen 1000 und 10000 ꝛc. fallen?

Leicht ſieht man ein, daß der Logarithme aller zwiſchen 1 und 10 fallenden Zahlen ein Bruch, aller zwiſchen 10 und 100 fallenden Zahlen 1 und ein Bruch, aller zwiſchen 100 und 1000 fallenden Zahlen 2 und ein Bruch, aller zwiſchen 1000 und 10000 fallenden Zahlen 3 und ein Bruch ꝛc. ſeyn muß. Aber was für ein Bruch? Das wurde von dem Erfinder der Logarithmen auf folgende Art ausgemittelt.

Man ſucht ſo genau wie möglich zwiſchen je zwei benachbarten Zahlen, wie 0 und 10, 10 und 100, 100 und 1000 ꝛc. die mittlere **geometriſche**, ſowie zwiſchen je zwei zu jenen Zahlen gehörigen Logarithmen die mittlere **arithmetiſche Proportionalzahl**. Alsdann iſt letztere der Logarithme von der gefundenen geometriſchen Proportionalzahl. Die gefundene Zahl und den gefundenen Logarithmen ſchiebt man nun zwiſchen die Glieder ein, womit man operirt hatte. So macht man es beſtändig fort mit allen benachbarten Zahlen und Logarithmen; auch mit den neu erhaltenen, die nun gleichfalls zu dem logarithmiſchen Syſtem gehören. Die gefundenen Glieder werden immer wieder in die Stelle, wohin ſie gehören, eingeſchoben.

Digitized by Google

§. 39.

Wenn man auf dieſe Art fortfährt, immer Glieder zwiſchen Glieder einzuſchieben, ſo ſind die eingeſchobenen Glieder der geometriſchen Reihe lauter Irrational-Quadratwurzeln; die eingeſchobenen Glieder der arithmetiſchen Reihe (die eingeſchobenen Logarithmen) lauter Brüche, die man bis auf zehn Milliontheile, oder bis auf hundert Milliontheile, oder bis auf tauſend Milliontheile ꝛc. genau ſuchen kann. So iſt man durch fortgeſetztes Einſchieben im Stande, die nächſten Glieder einander immer näher zu bringen.

Nun wird man unter den unzählich vielen eingeſchobenen Gliedern der geometriſchen Reihe oder der Zahlen des logarithmiſchen Syſtems auch ſolche Irrational-Quadratwurzeln finden, welche den zwiſchen die Glieder der Hauptreihe fallenden Zahlen ſo nahe kommen, daß man ſie ohne merklichen Fehler dafür annehmen kann, z. B. eine für 2, eine andere für 3, eine dritte für 4, eine vierte für 5, eine fünfte für 6 ꝛc. Sucht man ſolche eingeſchobene Glieder unter den unzählich vielen andern der geometriſchen Reihe heraus und nimmt man die ihnen zugehörigen Glieder der arithmetiſchen Reihe als ihre Logarithmen dazu, ein Verfahren, welches man Interpolationsmethode nennt, ſo kann man daraus logarithmiſche Tafeln zuſammenſetzen, deren Nutzen in der ganzen Mathematik unbeſchreiblich iſt.

§. 40.

Schon Archimedes vereinigte, bei ſeiner Sandrechnung, eine arithmetiſche Reihe mit einer geometriſchen. Auch er wußte ſchon, daß, wenn die Glieder einer geometriſchen Reihe in einer geometriſchen Proportion ſtehen, die darunter befind-

lichen Glieder der arithmetiſchen Reihe arithmetiſch proportional ſind, und daß man die Produkte von ein Paar Gliedern der geometriſchen Reihe erhalten kann, wenn man die darunter ſtehenden Glieder der arithmetiſchen Reihe ſummirt, wo dann über der Zahl, welche die Summe anzeigt, das verlangte Produkt ſteht.

Auch Stifel verband eine arithmetiſche Reihe mit einer geometriſchen und zeigte die Analogie zwiſchen Produkten, Quotienten, Potenzen und Wurzeln in der geometriſchen mit Summen, Unterſchieden, Vielfachen und Theilern in der arithmetiſchen. Er blieb aber nur bei den Zahlen der angenommenen Reihe ſtehen, ohne Einſchaltungen zu verſuchen. Und ſo fanden vor der Erfindung der eigentlichen Logarithmen noch viele Liebhaber der Arithmetik einen angenehmen Zeitvertreib in der Vergleichung der arithmetiſchen und geometriſchen Progreſſionen.

§. 41.

Der Schottländer Johann Neper (eigentlich Napier) Baron von Merchiſton war der erſte, welcher im Jahr 1614 der Welt logarithmiſche Tafeln übergab; er hatte alſo die eigentlichen Logarithmen erfunden. Dieſe Erfindung wurde von allen Mathematikern, beſonders von den Aſtronomen, mit Begierde und dem größten Beifall aufgenommen; denn noch wenige Jahre vorher hatten die Sternkundigen ſich ſehr viele Mühe gegeben, eine Abkürzung des vielen beſchwerlichen Multiplicirens, Dividirens und Wurzel-Ausziehens zu erfinden. Verwandlung des Multiplicirens in das Addiren, des Dividirens in das Subtrahiren, der Erhebung auf eine gewiſſe Potenz in's Multipliciren mit dem Exponenten, des

Wurzel-Ausziehens in das Dividiren mit dem Grade der Wurzel machte den Gebrauch der logarithmiſchen Tafeln ſchon von groſſer Wichtigkeit; noch wichtiger aber war ihr Gebrauch in der Trigonometrie zum leichten Auffinden aller trigonometriſchen Linien und aller Winkel.

In der That war Neper's Beſchreibung von ſeinem logarithmiſchen Canon ein ſo wichtiges Buch, als ſeit vielen Jahrhunderten keins über irgend einen Zweig der Mathematik geſchrieben worden war.

§. 42.

Gleich nach Nepers Erfindung intereſſirte ſich kein Mathematiker mehr für dieſelbe, als der Engländer Heinrich Briggs. Allenthalben machte er ſie mit den gröſten Lobſprüchen bekannt; er ſelbſt machte die Logarithmen Tag und Nacht zu ſeiner vornehmſten Beſchäftigung; auch hielt er Vorleſungen darüber. Was aber das wichtigſte war, ſo änderte Briggs ſelbſt Nepers logarithmiſches Syſtem ſo vortheilhaft um, daß es in dieſem Zuſtande bis auf den heutigen Tag von allen Mathematikern als das brauchbarſte angenommen wurde und ſchwerlich auch je einer weſentlichen Veränderung unterworfen ſeyn dürfte.

Briggs war im Jahr 1560 von niedrigen Eltern geboren und im Jahr 1596 zum ordentlichen Profeſſor der Geometrie am Greshams College in London ernannt worden. Vorzüglich beſchäftigte er ſich mit der Aſtronomie, und gewiß ſichert ihm die Verbeſſerung, welche er mit den Logarithmen vornahm, den ehrenvolleſten Nachruhm der Welt. Er war es, der den Logarithmus von 1 zuerſt = 0, und den Logarithmus Sinus totus = 1000 annahm. In einem Briefe machte er

dies Nepern zuerſt bekannt; hernach reiſte er, im Sommer 1616, ſelbſt zu ihm und hielt ſich einen ganzen Monat bei ihm auf. Nepern gefiel die Aenderung ſehr, welche Briggs mit den Logarithmen vorgenommen hatte. Briggs berechnete nach ſeiner Rückkunft das erſte tauſend Logarithmen und gab ſie zu London als Vorgeſchmack ſeines größern Werks heraus. Da dieſes in lateiniſcher Sprache erſchienen war, ſo überſetzte es Eduard Wright ins Engliſche. Vor der Herausgabe ſchickte er es Nepern zur Prüfung; aber ehe es unter die Preſſe kam, ſtarb Wright. Indeſſen brachte es Wrights Sohn im Jahr 1616 gedruckt ins Publikum. Briggs hatte eine Vorrede dazu geſchrieben. Neper ſtarb im Jahr 1618, nachdem Briggs ihn noch einmal beſucht hatte. Nepers Sohn gab ſeines Vaters Buch im Jahr 1619 zum zweitenmal heraus.

§. 43.

Briggs logarithmiſche Tafeln erſchienen in London zum erſtenmale im Jahr 1624. Wenn man die ungeheure Mühe bedenkt, welche das beſtändige Suchen von mittlern Proportionalzahlen und das Interpoliren (§. 39.) machen mußte, ſo kann man es wohl glauben, daß dem Brigg ein ganzes Jahr noch ſieben Perſonen an der Berechnung dieſer Tafeln haben helfen müſſen. Es waren noch bedeutende Lücken darin, welche ein fleißiger Holländer, Arian Blacq in Gouda, im Jahr 1628 nach Briggs Vorſchrift zuerſt ausfüllte. Die Tafeln deſſelben enthielten die Logarithmen der erſten hunderttauſend Zahlen, und zugleich trigonometriſche für die Sinuſſe, Tangenten und Sekanten für den Halbmeſſer Zehntauſendmillionen.

In Deutſchland war Jobſt Byrg (auch Juſtus Byrgius genannt) der erſte, welcher, ohne etwas von Nepers und Briggs Erfindung zu wiſſen, logarithmiſche Tafeln berechnete uad ſie im Jahr 1620 zu Prag herausgab. Sie hatten aber bei weitem die Vollkommenheit nicht, welche man ſchon an denjenigen jener Britten rühmen konnte. Auch nannte ſie Byrg nicht Logarithmen; er unterſchied Zahlen und Logarithmen durch die Farbe des Drucks, ſchwarze und rothe. Benjamin Urſinus, Lehrer an einem Gymnaſium in Berlin, machte ſich mit Nepers und Briggs Erfindungen genau bekannt, und lieferte im Jahr 1624 genauer berechnete Logarithmen.

§. 44.

Der berühmte deutſche Aſtronom Kepler nahm Nepers Erfindung mit dem größten Beifall auf. Da er aber auf einer im Jahr 1621 durch Oberdeutſchland unternommenen Reiſe gewahr wurde, daß manche Gelehrte es für ächte Mathematiker nicht ſchicklich hielten, von den Logarithmen, als Abkürzungen des Rechnens, viel Weſens zu machen, und da manche den Grund, worauf die Logarithmen beruhen, für zu unſicher hielten, ſo ſuchte er ſie eines andern zu belehren und legte ihnen, ſowie der ganzen mathematiſchen Welt, im Jahr 1624 einen gründlichen Beweis von der Vortrefflichkeit der Neperſchen Erfindung vor. Er ſelbſt lieferte dabei eine Tafel von den Logarithmen der Sinus, die namentlich in England ſehr geſchätzt wurde.

Wenn auch dieſe Keplerſchen Logarithmen dieſelben wie die Neperſchen ſind, ſo iſt doch bei ihnen die Anordnung in den Tafeln anders. Die Sinuſſe gehen in arithmetiſcher Pro-

greſſion nach Zehntauſenden fort, den Sinus totus = 10 Millionen geſetzt. Selbſt nach des Engländers Hutton Urtheil iſt Keplers Theorie ausführlicher und kunſtgerechter, wie die Neperſche; aber ſein Vortrag iſt nicht ſo deutlich. Auch die Berechnungsart, welche Kepler zur Darſtellung der Logarithmen erſonnen hat, iſt beſchwerlicher.

§. 45.

Sowohl die logarithmiſchen Tafeln für gemeine Zahlen, als auch diejenigen für die trigonometriſchen Linien (§. 128 f.) hat man in der Folge vollſtändiger, genauer und in beſſerer Ordnung zu liefern geſucht. Schon im Jahr 1633 brachten die Engländer Roe und Wingate neue logarithmiſche Tafeln aus Licht; der Deutſche Strauch im Jahr 1662. Der in England lebende holſteiniſche Gelehrte Nicolaus Mercator (eigentlich Kaufmann, indem damals die deutſchen Gelehrten ihre Namen gern Lateiniſch machten) gab im Jahr 1668 zu London ein Werk über Logarithmen (Logarithmotechnia) heraus. In dieſem Werke machte er ein neues Verfahren bekannt, Logarithmen leicht und genau zu berechnen, ohne das, zur Findung einer mittlern geometriſchen Proportionalzahl erforderliche, Ausziehen von Wurzeln nöthig zu haben. Sein Verfahren gründete ſich ganz auf die Meſſung der Verhältniſſe durch ein ſehr kleines Verhältniß. Denn das Verhältniß 10:1 theilte er in Zehnmilliontheile; und von allen dieſen kleinen Zwiſchen-Verhältniſſen ſuchte er die Logarithmen vornehmlich nach dem Satze, daß die Maaße der Verhältniſſe, deren Glieder gleiche Unterſchiede haben (d. h. die Unterſchiede der Logarithmen der Glieder) beinahe umge-

kehrt wie die arithmetiſchen Mittel zwiſchen den Verhältniß-Gliedern ſich verhalten.

Die natürlichen Logarithmen nannte man auch hyperboliſche, weil ſie mit der Quadratur der Hyperbel zuſammenhängen. Mercator fand dieſe Quadratur der Hyperbel durch eine unendliche Reihe mittelſt der Diviſion zuerſt. Auch Newton gerieth für ſich auf dieſelbe Erfindung, ſowie faſt um dieſelbe Zeit Jacob Gregory, Newtons Landsmann.

§. 46.

Der berühmte Halley ließ in den engliſchen Transactionen für das Jahr 1695 eine Abhandlung drucken, worin er die Logarithmen auf die bequemſte Art, ohne Rückſicht auf die Hyperbel, berechnen lehrte, und zugleich die ganze Theorie derſelben entwickelte. Er gründete ſeine Theorie ganz auf die Zuſammenſetzung der Verhältniſſe; und ſo ſetzte er das Verhältniß zweier Zahlen aus einer unzähligen Menge von Elementar-Verhältniſſen zuſammen. Er bekam auf dieſe Art logarithmiſche Reihen, wobei er den binomiſchen Lehrſatz trefflich anwenden konnte.

Euler trat zuerſt in Halleys Fußſtapfen. Er brachte zugleich mancherley neue Vortheile ans Licht, die Logarithmen der trigonometriſchen Linien kürzer, als bisher, zu finden. Schade! daß alle dieſe Kunſtgriffe etwa hundert Jahre ſpäter erfunden wurden, als die erſten logarithmiſchen Tabellen ſchon höchſt mühſam fertig gemacht worden waren. Mancherley ſcharfſinnige analytiſche Formeln zur Berechnung der Logarithmen verdankten wir ſpäter dem la Grange und dem l'Huilier.

§. 47.

Die logarithmiſchen Tafeln des Franzoſen Ozanam vom Jahr 1685 wurden eine Zeitlang in Frankreich geſchätzt; in Deutſchland wurden es ſpäter, und zwar vom Jahr 1755 an, die Tafeln des Wolf. Die von Rivard im Jahr 1743 zum erſtenmal und im Jahr 1777 von Unterberger und Pichler in Wien von Neuem verbeſſert erſchienenen waren vollſtändiger, aber doch nicht ſo gemeinnützig, als die Wolfſchen. Noch berühmter wurden diejenigen des Engländers Schervin, die im Jahr 1742 zum erſtenmal herauskamen. In Deutſchland wurden ſpäter die Tafeln des Schulze in Berlin vom Jahr 1778, und diejenigen des Vega in Wien vom Jahr 1783 am bekannteſten, namentlich die verſchiedenemal aufgelegten des Vega, größere und kleinere, welche, außer den Logarithmen für die trigonometriſchen Linien, diejenigen für die gemeinen Zahlen von 1 bis 100499 enthalten, während die Schulzeſchen bis 101000 gingen. Die Tafeln des Callet in Paris, welche ſich bis zu der Zahl 102960 erſtreckten, waren vorzüglich bequem geordnet.

Die Logarithmen bis auf viele Decimalſtellen genau zu erhalten, war das Beſtreben mehrerer Mathematiker des achtzehnten Jahrhunderts. Sehr weit trieb ſchon Adam Scharp, ein im Jahr 1742 in ſehr hohem Alter geſtorbener berühmter engliſcher Arithmetiker, die Genauigkeit der Logarithmen-Beſtimmung. Er berechnete die Logarithmen vieler Zahlen ſchon bis auf 60 Decimalſtellen. Flamſtead, Halley und andere Mathematiker ſeiner Zeit benutzten ihn häufig zu verwickelten und mühſamen Rechnungen.

§. 48.

Der im Jahr 1742 herausgekommene logarithmiſche Canon des James Dodſon enthielt die Logarithmen aller Zahlen unter 100000 bis auf eilf Ziffern, und zwar mit ihren Unterſchieden und Proportionaltheilen. Die Berechnungen machte Dodſon durch unzähligemal wiederholte Einſchaltungen. Der Holländer Wolfram berechnete die natürlichen Logarithmen aller Primzahlen unter 10000 bis auf 48 Decimalſtellen. In Schulzens und Vega's (größern) Tafeln ſind die Reſultate dieſer Bemühungen des Wolfram für die Nachwelt aufbewahrt.

Der wohlbekannte deutſche Arithmetiker von Clausberg lieferte im Jahr 1744 logarithmiſche Tafeln bis auf 32 Decimalſtellen; die von Clark im Jahr 1770 verbeſſerten Schervinſchen Tafeln aber enthielten die Logarithmen bis auf 60 Decimalſtellen. In den Anwendungen des gemeinen Lebens kommt, außer in dem Falle, wo man Logarithmen von Potenzen ſucht, es nicht häufig vor, daß man Logarithmen auf mehr als 7 Decimalſtellen nöthig hätte. Einige Ausgaben logarithmiſcher Tafeln haben ſogar von den ſieben Decimalſtellen eine oder ein Paar entbehrlich gehalten. Mit Logarithmen von 5 Decimalſtellen, wie z. B. diejenigen des Engländers Patoun's vom Jahr 1730, führte ſelbſt Tobias Mayer ſeine aſtronomiſchen Rechnungen. Diejenigen des Moritz von Praſſe vom Jahr 1810 mit nur 3 Decimalſtellen können zu gemeinerm Gebrauch, z. B. zum gewöhnlichen Feldmeſſen ꝛc. hinlänglich ſeyn.

§. 49.

Durch Anhalten oder Anpaſſen von beſonderen mit Zah-

len verſehenen Linien, geraden Linien und Kreislinien, an andere ſolche Linien, hat man ſchon vor mehreren Jahrhunderten geſucht, die Multiplication und Diviſion, hauptſächlich mit großen Zahlen, zu verrichten, um dadurch dieſe Rechnungsarten ganz leicht, gleichſam mechaniſch, zu machen und dem Gedächtniß zu Hülfe zu kommen. Darauf gründete ſich die Erfindung von Recheninſtrumenten und Rechenmaſchinen, wodurch man Aufmerkſamkeit ſparen wollte, die jede Rechnung erfordert — und wenn man auch ihre Regeln noch ſo gut inne hat — und Rechnungsfehler verhüten, welche aus Mangel jener Aufmerkſamkeit entſtehen können.

Schon die Rechenbreter der Alten (§. 22.), wie auch jetzt noch manche Völker ſie mit mancherley Veränderungen anwenden, kann man hierher rechnen. Dahin gehört ferner Geygers Rechentiſch vom Jahr 1609, ein großes Einmaleins. Vorzüglich berühmt aber wurden die Rechenſtäbe des Neper, die dieſer einige Jahre vor den Logarithmen, nämlich in den erſten Jahren des ſiebzehnten Jahrhunderts, erfand. Neper ſchrieb nämlich die Kolumnen des Einmaleins, wovon jede die Vielfachen einer Ziffer enthielt, auf Streifen Papier, und damit überzog er Seitenflächen vierkantiger Prismen. Durch ein gewiſſes Anhalten der Stabflächen an einander erhielt man auf einen Blick Produkte von Zahlen oder auch Quotienten, je nachdem man multipliciren oder dividiren wollte. Noch im Jahr 1798 hat Jordan zu Schorndorf im Würtembergiſchen dieſe Neperſchen Rechenſtäbe, deren ſich ſelbſt der berühmte Lambert beim Multipliciren und Dividiren bediente, verbeſſert.

Rechenmaſchinen ſind noch bequemer zu gebrauchen; aber ſie ſind auch viel koſtbarer. Eine ſolche Maſchine beſteht im Allgemeinen aus einer kreisrunden Scheibe oder aus mehreren kreisrunden Scheiben, mit vielen concentriſchen Kreiſen, die mit Zahlen beſchrieben ſind, und aus einem gleichfalls mit Zahlen beſchriebenen Zeiger, der ſich um den Mittelpunkt der Scheibe drehen läßt, oder auch aus mehreren ſolchen Zeigern. Das Zeigerdrehen muß man nach beſtimmten Regeln verrichten, um z. B. irgend ein Produkt mehrerer Zahlen oder einen Quotienten zu erhalten. Schon Philipp Harsdörffer hat in ſeinen mathematiſchen Erquickſtunden vom Jahr 1651 eine ſolche Rechenmaſchine geliefert. Aber viel künſtlicher und mannigfaltiger war diejenige des großen Leibnitz, welche aus ſechszehn Scheiben beſtand, die durch Hülfe von gezahnten Rädern und Getrieben in Umdrehung geſetzt wurden. Diejenige des Pfarrers Hahn zu Echterdingen im Würtembergiſchen und des Müller zu Darmſtadt waren noch vollkommener, beſonders die letztere, welche zu den vier Species, zur Duodecimal- und Sexageſimalrechnung, zur Regel de Tri, Regel de Quinque ꝛc., zur Ausziehung der Quadrat- und Kubikwurzeln, zu den Progreſſionen u. dgl. gebraucht werden konnte. Außer dieſen Rechenmaſchinen wurden noch diejenigen des Caſpar Schott, des Grillet, des Poleni, des Leupold, des Schürmann, des Prahl und des Grüſon bekannt. Diejenige des Grüſon in Berlin vom Jahr 1792 zeichnete ſich durch Einfachheit und Bequemlichkeit aus. Diejenige des Schürmann vom Jahr 1782 beſtand aus Neperſchen Rechenſtäbchen, die um Cylinder gelegt waren, welche ſich in einem Kaſten um ihre Axe drehen ließen.

§. 50.

Rechenbücher ſind ſchon ſeit dem Anfange des ſechszehnten Jahrhunderts in ſehr großer Menge zum Vorſchein gekommen. Das mathematiſche Werk des Italieners Lucas de Burgo vom Jahr 1440 enthielt ſchon ſowohl Theorie, als Ausübung der Rechenkunſt, z. B. Regel de Tri, Regel de Quinque, Geſellſchaftsrechnung ꝛc., auch die Wechſelrechnung und andere kaufmänniſche Rechnungen, ſowie manche arithmetiſche Künſte oder Zahlenſpielereyen und Algebra. Sechszig bis achtzig Jahre ſpäter konnte man noch nicht viel mehr liefern.

Tzwivels Arithmetik vom Jahr 1507 war dürftig; beſſer war diejenige des Balthaſar Licht vom Jahr 1513. Außer den vier Species fand man in dieſem Rechenbuche die Summirung der arithmetiſchen Reihen, die Regel de Tri mit ganzen Zahlen und mit Brüchen, die Geſellſchaftsrechnung u. dgl. Peter Apian gab im Jahr 1527 eine Unterweiſung zu kaufmänniſchen Rechnungen. Beſonders deutlich für Anfänger war das mehrmals aufgelegte Rechenbüchlein des Albert zu Wittenberg vom Jahr 1541. Gut und praktiſch war auch die Arithmetik des Engländers Tonſtall vom Jahr 1543, während Willichs im Jahr 1540 zu Straßburg herausgekommene Arithmetik mehr künſtlich und ſpielend, als nützlich war. Als Rechenbücher, die praktiſchen Nutzen hatten, wurden in Deutſchland bekannt: diejenigen des Hans von der Wehn im Jahr 1542, des Jacob Köbel im Jahr 1544, beſonders aber vom Jahr 1545 an des Scheybl (oder, wie er ſich auch ſchrieb, Scheubelius), welcher Profeſſor der Mathematik zu Tübingen war. Dieſer

geſchickte Mann erläuterte überall das Praktiſche der Lehren, mit vielen Exempeln, und empfahl zugleich immer, den Grund der Regeln aufzuſuchen.

§. 51.

In demſelben Jahrhundert war der Spanier Juan de Ortega als Arithmetiker berühmt. Er lehrte in ſeinem Buche die vier Species, die Proportionen, mit den darauf ſich gründenden praktiſchen Rechnungen, wie Regel de Tri, Geſellſchaftsrechnung, Gold- und Silberrechnung ꝛc., die Progreſſionen, das Ausziehen der Quadrat- und Kubikwurzeln.

Berühmte deutſche Rechner deſſelben Jahrhunderts waren noch Adam Rieſe, wohl der berühmteſte in dieſer Zeit, deſſen erſtes Rechenbuch zu Magdeburg im Jahr 1579 herauskam, und Iſaac Rieſe, deſſen Rechenbuch zu Leipzig im Jahr 1580 erſchien. Vor ihnen her ging aber Michael Stifel mit ſeinem im Jahr 1544 zu Nürnberg ans Licht getretenen Rechenbuche, welches beſonders auch von Progreſſionen, von muſikaliſchen Rechnungen, von Wurzelgrößen, von verſchiedenen Geldſorten, ſowie von Polygonalzahlen, Pyramidalzahlen, Trigonalzahlen, von magiſchen Quadraten u. dgl. alſo auch von manchen Sachen handelte, die für das praktiſche Leben nicht brauchbar waren.

Auch Gemma Friſius machte ſich durch eine im Jahr 1548 zu Wittenberg erſchienene Arithmetik berühmt, ſowie im Jahr 1556 zu Wittenberg Caſpar Peucer und im Jahr 1564 Stehn zu Marburg. Ohngefähr um dieſelbe Zeit oder einige Jahre ſpäter ſchrieben Joachim Camerarius, Bernhard Salignacus, Chriſtian Urſtiſius, Johann Otthen, Chriſtoph Clavius, Johann Pis-

cator, Andreas Helmreich, Iſaac Malleolus, Sebaſtian Brandt, Franz Braſſer, Wolfgang Hobel, Johann Sekgerwitz, Nicolaus Werner und andere ihre arithmetiſchen Werke.

§. 52.

Im ſiebenzehnten Jahrhundert war beſonders Deutſchland reich an Männern, welche die Rechenkunſt ſchriftlich lehrten und dadurch manchen Nutzen ſtifteten. Das ſieht man an den Rechenbüchern des Johann Unckelin aus Tübingen im Jahr 1602; des Sebaſtian Curts aus Nürnberg im J. 1608, das nachher noch vielfältig aufgelegt wurde; des Chriſtoph Wildvogel zu Braunſchweig vom Jahr 1608; des Nicolaus Kauffunger aus Frankfurt vom Jahr 1612, welches nachher noch dreimal neu gedruckt erſchien; des Johann Faulhaber zu Ulm im Jahr 1614 und 1622; des Anton Neudörffer zu Nürnberg vom Jahr 1613 und nachher noch ſechsmal neu aufgelegt; des Peter Krüger zu Danzig vom Jahr 1630; des Gebhard Overheyden in Hannover vom Jahr 1638; des Michael Schiller zu Nürnberg und Lüneburg im Jahr 1651; des Chriſtoph Hager zu Hamburg vom Jahr 1651, das nachher noch vier Auflagen erlebte; des Tobias Beutel zu Danzig vom Jahr 1651 und nachher noch zehnmal neu gedruckt; des Andreas Reyſer in Gotha vom Jahr 1653, welches nachher noch vierzehnmal neu aufgelegt wurde; des Andreas Deubelius in Hanau vom Jahr 1656; des Heinrich Lambeck in Hamburg vom Jahr 1661; des Heinrich Bartel in Wolfenbüttel vom Jahr 1662; des Chriſtian Starcke zu Leipzig vom Jahr 1665 und in der Folge noch zehnmal aufgelegt; des Lo-

renz Biermann zu Leipzig vom Jahr 1666; des Georg Wendler zu Riga vom Jahr 1667; des Conrad Beuther in Augsburg vom Jahr 1670; des Friedrich Scholze von Liegnitz im Jahr 1672; des Johann Düſing von Königsberg im Jahr 1676; des Heinrich Meißner in Wien vom Jahr 1679; und noch manche andere. Der zuletzt genannte Meißner hat ſich mehrere Jahre hindurch eines beſonders großen Zutrauens erfreut.

§. 53.

Das achtzehnte Jahrhundert war noch reicher ſowohl an praktiſchen Rechenbüchern, als auch an wiſſenſchaftlichen Anleitungen zur Arithmetik überhaupt. Sehr bekannt wurde vom Jahr 1707 an durch gar viele Schriften über die Rechenkunſt Chriſtian Peſcheck. Bis gegen die Mitte des achtzehnten Jahrhunderts hin waren dieſe Schriften beliebt, ſo viel Mangelhaftes ſie auch noch beſitzen mochten. Wiſſenſchaftlicher und gründlicher und bis an das Ende des achtzehnten Jahrhunderts dauernd war die zu Leipzig im Jahr 1731 zuerſt erſchienene demonſtrative Rechenkunſt des Chriſtlieb von Clausberg. Sie trug zur Verbreitung guter arithmetiſcher Kenntniſſe in Deutſchland nicht wenig bei. Auch die zu Halle im Jahr 1746 von Arnold Cruſius erſchienene Anweiſung zur Rechenkunſt gehörte unter die beſſern Werke dieſer Art, ſowie die Rechenbücher des Gotthelf Hübſch vom Jahr 1748 eine Zeitlang geſchätzt wurden.

Außer dieſen Rechenbüchern gehörten bis in die Mitte des achtzehnten Jahrhunderts noch folgende unter die beſten: des Wolfgang Prinz zu Sorau vom Jahr 1716; des Friedrich Wagner zu Halle vom Jahr 1721; des Mi-

chael Poetius zu Frankfurt und Leipzig im Jahr 1728 erſchienene Anweiſung zur arithmetiſchen Wiſſenſchaft; des Andreas Feiſt zu Breslau im Jahr 1735 zuerſt herausgekommene Arithmetik; des Erdmann Schröters zu Leipzig im Jahr 1745 ans Licht gekommene Rechenkunſt; des Andreas Creuzbergers im Jahr 1747 zu Züllichau erſchienenes Rechenbuch; u. ſ. w.

§. 54.

Nach der Mitte des achtzehnten Jahrhunderts wurden vom Jahr 1757 an die Rechenbücher des Salomon Haas zu Darmſtadt geſchätzt. Beſonders deutlich und praktiſch waren die Rechenbücher von Simon Baum im Jahr 1771; von dem Hannövriſchen Goldſchmied Schmid im Jahr 1774; von Reimer im Jahr 1776; von Heinatz im Jahr 1777; von Vicum im Jahr 1779; von Metternich im Jahr 1783; von Splittegarb im Jahr 1784; von Michelſen im Jahr 1785; von Buſſe im Jahr 1786; von Käſtner im Jahr 1786; von Kroymann im Jahr 1787; von Roſcher im Jahr 1788; von Brodhagen im Jahr 1790; von Schellenberg im Jahr 1798; von Wagner im Jahr 1803; von Gelbke im Jahr 1809; von Rockſtroh im Jahr 1810; von Günther im Jahr 1818; von Deſaga im Jahr 1827; und manche andere.

Durch kaufmänniſche Kunſtgriffe im Rechnen, ſogenannte kaufmänniſche Rechenbücher und Tafeln, hatten ſich außer Clausberg, im Jahr 1731 Graumann, ſeit dem Jahr 1752 Nelkenbrecher, im J. 1776 Reimer und Pflugbeil, im Jahr 1782 Cruſe, im Jahr 1783 Raphael Le-

vi und Meyer Aaron, im Jahr 1813 Chelius, u. a. manche Verdienſte erworben.

Eine wiſſenſchaftlichere Bearbeitung der Arithmetik, beſonders auch als Hülfsmittel beim Unterricht in dieſer mathematiſchen Diſciplin, iſt in jenem Zeitraume von ſehr vielen Männern mit Glück verſucht worden, z. B. von Maler im Jahr 1765; von Karſten im Jahr 1775; von Hauff im Jahr 1793; von Fiſcher im Jahr 1796; von Pöhlmann im Jahr 1803; von Rothe im Jahr 1804; von Kries im Jahr 1805; von Schön im Jahr 1805; von Tobler im Jahr 1806; von Ohm 1818 und von mehreren andern.

§. 55.

Der Unterricht im Kopfrechnen beſchäftigte mehrere Arithmetiker, hauptſächlich Schulmänner, noch beſonders und erzeugte manche brauchbare Schriften darüber, z. B. von Biermann im Jahre 1795 und 1800; von Köhler im Jahr 1797; von Gneiting, von Meyer und von Wagner im Jahr 1800; von Ries im Jahr 1802; von Arendt im Jahr 1806; von Zwinkau im Jahr 1809 und andern. Allerley Hülfsmittel für Anfänger im Rechnen wurden in Schulen eingeführt, wie im Jahr 1793 die Exempeltafeln des Junker; im Jahr 1799 diejenigen des Käppel; im Jahr 1800 diejenigen des Oelsner; im Jahr 1803 diejenigen des Köhlein; im Jahr 1808 diejenigen des Arendt und des Baumgarten u. a. Die Methode, den Kindern nach Peſtalozziſcher Art das Rechnen zu lehren, beſchrieb vom Jahr 1803 an Peſtalozzi in verſchiedenen Schriften ſelbſt; aber auch Schmid, Ries, Ladomus, Hoffmann

und andere gaben Unterricht darin. Tillichs Lehrbuch für ähnliche Zwecke vom Jahr 1806 hatte viel Eigenthümliches.

§. 56.

Johann Caramuel, Biſchof von Campagna und Satriano im Königreich Neapel, gab im Jahr 1670 das dyadiſche Zahlenſyſtem oder dasjenige Syſtem an, wo man die Zahlen in Claſſen von zweifach ſteigenden Einheiten, wovon jede Claſſe zwei enthält, ſo vertheilen ſoll, daß zwei Einheiten einer Claſſe eine Einheit der nächſt höhern Claſſe ausmachen. Ohne von dieſer Erfindung etwas zu wiſſen, gerieth Leibnitz einige Jahre ſpäter auf daſſelbe Syſtem. Indeſſen ſcheint es, daß ſchon vor mehreren tauſend Jahren die alten Chineſer ſich eines ähnlichen Syſtems zum Zählen und Zahlenſchreiben bedient haben. Zur praktiſchen Rechnung iſt es nicht brauchbar.

Der ſcharfſinnige Werneburg in Jena gab ſich vom Jahr 1800 an alle Mühe, das Zehn-Zahlenſyſtem, welches man ſeit Jahrtauſenden für das beſte erkannte, durch das Zwölf-Zahlenſyſtem, welches er Teliosadik nannte, zu verdrängen. Er ſuchte es in mehreren Schriften mit vielem Scharfſinn zu beweiſen, daß letzteres das vollkommenſte aller Zahlenſyſteme ſey, ſowohl für die Mathematik, als auch für die Anwendungen des bürgerlichen Lebens. Aber Niemand konnte und wollte auf ſeine Stimme hören. Welche Umwälzungen in der Mathematik ſowohl, als im gemeinen Leben würde es auch hervorgebracht haben, wenn er Recht gehabt hätte und man ihm hätte folgen wollen!

Zweiter Abſchnitt.

Die Geſchichte der Geometrie.

§. 57.

Die Feldmeßkunſt gab der Geometrie ihren Urſprung, wie auch ſchon der Name dieſer Wiſſenſchaft anzeigt, welchen die Griechen ihr gegeben haben. Denn γη heißt die Erde und μετρειν meſſen, alſo gleichſam die Wiſſenſchaft, welche lehrt, Stücke der Erde (der Erdoberfläche) zu meſſen. Nach Herodots Erzählung gab der ägyptiſche König Seſoſtris jedem ſeiner Unterthanen gleich viel Land, damit jeder gleich viele Abgaben zu leiſten hätte. Verlor einer derſelben durch Ueberſchwemmung des Nils etwas von ſeinem Antheile, ſo mußte ein Feldmeſſer unterſuchen, wie viel er verloren hatte, um die Abgabe darnach zu vermindern. So hätte alſo damals, etwa tauſend Jahre vor Chriſti Geburt, ſchon Geometrie exiſtirt. Aber wie viel früher ſie ſchon da geweſen, kann man aus jener Erzählung des Herodots freilich nicht abnehmen.

Zu Seſoſtris Zeit war auf jedem Fall die Geometrie in Aegypten ſchon zu Hauſe. Aber die Kenntniſſe darin mußten doch noch ziemlich dürftig ſeyn. Denn Thales, der 640 vor Chriſti Geburt zu den Aegyptiern gereiſt war, um von ihren Prieſtern Geometrie zu lernen, hatte ſelbſt noch die erſten Sätze der Geometrie zu erfinden; ja er ſoll den Aegyptiern ſelbſt, wie Diogenes Laertius und Plutarchus erzählen, das Verfahren gelehrt haben, die Höhe der Pyramiden mittelſt des Schattens zu meſſen.

§. 58.

Auf jedem Fall hatte Thales ſchon viele ſchöne Kenntniſſe in der Geometrie. Nach Proclus Erzählung fand er zuerſt, daß in gleichſchenklichten Dreiecken die Winkel an der Grundlinie gleich groß ſind; daß die Scheitelwinkel gleich ſind; daß diejenigen Dreiecke gleich ſind, die eine gleiche Seite und die an dieſer Seite liegenden Winkel gleich haben; daß ein Kreis von ſeinem Durchmeſſer in zwei gleiche Theile getheilt wird. Auch ſchreibt man ihm die erſte Anwendung der Peripherie des Kreiſes zur Meſſung der Winkel zu; und für den von ihm erfundenen Satz, daß jeder Winkel am Umfange in einem Halbkreiſe ein rechter ſey, ſoll er den Muſen einen Ochſen geopfert haben.

So wichtig nun auch die geometriſchen Erfindungen des Thales waren, ſo hat doch Pythagoras, 580 Jahre vor Chriſti Geburt, einen noch unſterblichern Namen in der Geometrie erhalten, und zwar ſchon allem durch den von ihm entdeckten Satz: daß in jedem rechtwinklichten Dreiecke das Quadrat der Hypothenuſe gerade ſo groß iſt, als die beiden Quadrate der Catheten zuſammengenommen. Wie viele andere wichtige Sätze und Aufgaben floſſen nicht wieder aus dieſem einzigen Satze ab? Pythagoras ſah auch ſchon ein, daß der Kreis unter allen ebenen Figuren gleichen Umfangs den größten Inhalt, und die Kugel unter allen Körpern mit derſelben Oberfläche den größten Raum einnehme.

§. 59.

Oenopides von Chios ſoll 500 Jahre vor Chriſti Geburt der Erfinder von einigen einfachen geometriſchen Aufgaben geweſen ſeyn, z. B. von folgenden: einen Winkel zu conſtruiren, der einem andern gleich iſt; einen Winkel in zwei gleiche Theile zu theilen; von einem gegebenen Punkte ein Perpendikel auf eine Linie zu fällen, u. ſ. w. Zenodorus, ſein Schüler, ging noch weiter. Er zeigte unter andern auch die Falſchheit der Meinung, welche man bisher hatte, daß Figuren von gleichem Umfange auch gleichen Inhalt haben müßten. Er war der erſte unter den Alten, von welchem noch jetzt (beim Theon in ſeinem Commentar über den Ptolemäus) eine geometriſche Schrift vorhanden iſt. — Von dieſer Zeit an machte die Geometrie immer größere Fortſchritte. Auch fing man damals in der pythagoräiſchen Schule die Unterſuchungen über die regulären Körper an.

Ausgezeichnet durch ſeine geometriſchen Kenntniſſe war, 450 Jahr vor Chriſti Geburt, Hippocrates von Chios. Die Quadratur ſeiner mondförmigen Figuren iſt noch immer bekannt. Er entdeckte dadurch zuerſt die Gleichheit eines von krummen Linien eingeſchloſſenen Raums mit einem von geraden Linien eingeſchloſſenen. Er ſchrieb auch Elemente der Geometrie, die zu ſeiner Zeit viel galten, aber durch Euclids Elemente ſelbſt überwunden und der Vergeſſenheit Preis gegeben wurden. Er machte ſich auch an das nachher ſo berühmt gewordene Problem von der Verdoppelung

des Würfels. Es ſollte nämlich bei dieſer Aufgabe ein Würfel hervorgebracht werden, welcher, dem Inhalte nach, genau das Doppelte von einem gegebenen Würfel wäre. Man nannte die Aufgabe auch das Deliſche Problem, von dem Orakel des Apolls zu Delos, welches, zur Beſänftigung des Zorns der Gottheit über einen gewiſſen Vorfall, den Altar verdoppelt haben wollte. Hippocrates ſoll hier, um den Orakelſpruch zu löſen, die Entdeckung gemacht haben, daß es bei der Auflöſung darauf ankomme, zu zwei gegebenen geraden Linien zwei mittlere Proportionallinien zu finden, wovon dann die eine die Seite des geſuchten Würfels ſey. Menächmus hat ſpäter die Kegelſchnitte zur Auflöſung deſſelben Problems anzuwenden geſucht.

§. 60.

Immer weitere Fortſchritte that nunmehr die Geometrie. Mit großem Eifer bearbeitete ſie hauptſächlich Plato, 400 Jahr vor Chriſti Geburt. Zwar iſt von dieſem Weltweiſen keine geometriſche Schrift auf die Nachwelt gekommen; aber von andern Schriftſtellern des Alterthums wiſſen wir, daß er der Geometrie unter allen menſchlichen Kenntniſſen die erſte Stelle einräumte, und daß ſie den vornehmſten Gegenſtand des Lehr-Unterrichts ausmachte, den er ſeinen Schülern gab. Immer ſuchte er ſie mit der Philoſophie zu verbinden. Er hatte ja ſogar über die Thür ſeines Hörſaals die Worte geſchrieben: Kein in der Geometrie Unkundiger trete herein! — Theodor von Cyrene war Plato's Lehrer in der Geometrie; und aus dem großen Lobe, welches Plato ihm beilegt, darf man wohl ſchließen, daß der Lehrer manchen

Antheil an den groſʒen Enedeckungen hatte, die der Schüler theils vorbereitete, theils ausführte.

Vor Plato war der Kreis die einzige krumme Linie, welche in der Geometrie betrachtet wurde. Er aber führte in dieſelbe auch die Kegelſchnitte oder diejenigen berühmten krummen Linien ein, welche ſich auf der Oberfläche eines Kegels bilden, den man mit Ebenen in verſchiedenen Lagen durchſchneidet. Als eigentlicher Erfinder der Kegelſchnitte (der Ellipſe, Parabel und Hyperbel), welche Plato allgemeiner machte, wird gewöhnlich Menächmus angegeben, der auch mehrere vorzügliche Eigenſchaften derſelben entdeckte. Ariſtäus ſchrieb in der Folge fünf, und Apollonius acht Bücher darüber. — Plato hatte auch das Problem von der Verdoppelung des Würfels auf mechaniſche Art mittelſt eines Inſtruments aufzulöſen verſucht.

§. 61.

Eudoxus aus Cnidus wird von Archimedes als der Erfinder verſchiedener wichtiger Sätze in der Stereometrie (der Lehre von der Meßkunſt der Körper) angeführt, z. B. daß jede Pyramide der dritte Theil von einem Prisma ſey, das mit ihr gleiche Grundfläche und Höhe hat, ſowie jeder Kegel der dritte Theil von einem Cylinder, der mit ihm gleiche Grundfläche und Höhe beſitzt. Derſelbe Geometer hat ſich auch mit manchen krummen Linien beſchäftigt, und das Problem von der Verdoppelung des Würfels durch eine beſondere von ihm erfundene Curve gelöſt. Er ſchrieb auch Anfangsgründe der Geometrie und erweiterte die Lehre von den Proportionen. Deswegen meinten Einige, das fünfte

Buch des Euclides rühre von ihm her. Eratoſthenes ſchätzte ihn ſehr.

Ariſtäus der Aeltere erwarb ſich unter den alten Mathematikern einen bedeutenden Rang. Ueber die Kegelſchnitte ſchrieb er fünf Bücher; und ſein Werk über die körperlichen Oerter hielt Pappus für eins der Hauptwerke, die man ſtudiren müſſe, um ſich in der geometriſchen Analyſis Fertigkeit zu erwerben. Die körperlichen Oerter betreffen übrigens Auflöſungen von Aufgaben, welche aus Durchſchnitten von Körpern mit Ebenen entſtehen. Eigentlich beruht dieſe Lehre auf der Lehre von den Kegelſchnitten. Sie trat mit der Analyſis bei ihrer weiteren Ausbildung in die engſte Verbindung.

§. 62.

Nun erſchien, 300 Jahre vor Chriſti Geburt, Euclides und lieferte ſeine Elemente der Geometrie und Arithmetik, die ſich durch ihre Gründlichkeit und ſtreng wiſſenſchaftliche Anordnung den ausgezeichnetſten Beifall erwarben, der ſich auch noch bis auf unſere Zeiten erhalten hat und wohl bis ans Ende der Welt erhalten wird.

Euclides theilte ſein Werk in fünfzehen Bücher ein, von denen eilf zur reinen Elementar-Geometrie gehören, die vier übrigen aber arithmetiſchen Inhalts ſind. Die letzten zwei Bücher dieſer Elemente hält man mit ziemlicher Gewißheit für eine Arbeit des Hypſikles, eines alexandriniſchen Mathematikers aus dem zweiten Jahrhundert. Mehrere Jahrhunderte hindurch wurden Euclids Elemente in allen Schulen der Mathematiker ausſchließlich ſtudirt; in alle Sprachen wurden ſie überſetzt und darin erläutert, wie

man hauptſächlich aus dem Verzeichniß derſelben ſieht, welches der verdienſtvolle Scheibel in Breslau in ſeiner mathematiſchen Bücher-Kenntniß lieferte. Die Hauptausgabe derſelben und aller noch vorhandenen Schriften des Euclides überhaupt, der auch mehrere, zum Theil verloren gegangene Werke lieferte, die über die Elemente hinaus gingen, wurde die Oxforder vom Jahr 1703 des David Gregory. Eine ſorgfältige deutſche Ueberſetzung aller fünfzehen Bücher lieferte Lorenz am Ende des vorigen Jahrhunderts. Auch in der neueſten Zeit erſchienen in Deutſchland mehrere Ausgaben. Die bemerkenswertheſte darunter iſt die vom Jahr 1825 von Camerer und Hauber. Zu unſerer Zeit und in unſerm Vaterlande hat ſich wohl Niemand größere Verdienſte um die Mathematik der Alten erworben, als der vortreffliche Pfleiderer in Tübingen.

§. 63.

Euclids Elemente enthalten unter andern auch alle diejenigen Sätze, welche nöthig ſind, um die Peripherie und den Flächenraum geradlinichter Vielecke, ſowie die Oberfläche und den körperlichen Inhalt der von geradlinichten ebenen Figuren begränzten Polyeder zu finden. Aber das Verfahren, den Umfang des Kreiſes zu meſſen, iſt bei ihm nicht anzutreffen, obgleich er in manche nähere Unterſuchung über die Eigenſchaften jener krummen Linie, ſowie über den verſchiedenen Gebrauch derſelben zur Beſtimmung und Vergleichung der Winkel eingegangen iſt. Freilich zeigt er, daß die Peripherien zweier Kreiſe ſich wie die Durchmeſſer verhalten und ihre Flächen wie die Quadrate der Durchmeſſer. Er giebt an,

daß der Inhalt eines Cylinders gleich ſey, dem Produkte aus ſeiner Grundfläche mit ſeiner Höhe, daß der Kegel der dritte Theil eines Cylinders von derſelben Grundfläche und Höhe ſey, u. dgl. Aber alle dieſe Sätze blieben doch unvollſtändig, ſo lange man nicht die Länge der Kreis-Peripherie im Verhältniß zum Durchmeſſer oder Halbmeſſer kannte. War dieſe Länge bekannt, ſo war es auch leicht, die Fläche des Kreiſes oder die ſogenannte Quadratur deſſelben zu finden.

§. 64.

Wenn man in einem Kreiſe reguläre Vielecke von ſehr vielen, eigentlich von unzählig vielen Seiten beſchreibt, ſo kommen dieſe Seiten zuſammengenommen der Peripherie des Kreiſes ſo nahe, daß man ſie dafür annehmen kann; folglich kommt dann auch die Fläche eines ſolchen Vielecks der Fläche des Kreiſes ſo nahe, daß man dieſe beide Flächen einander an Größe wieder gleich ſetzen darf. Der Inhalt eines Dreiecks kommt heraus, wenn man die Grundlinie deſſelben mit ſeiner halben Höhe multiplicirt. Da nun die Fläche eines Kreiſes der Fläche eines Dreiecks gleich iſt, das zur Grundlinie die in eine gerade Linie ausgebreitete (oder gleichſam abgewickelte) Peripherie und zur Höhe den Halbmeſſer des Kreiſes hat, ſo käme ja der Inhalt des Kreiſes heraus, wenn man die Peripherie deſſelben mit dem halben Halbmeſſer oder mit dem vierten Theile des Durchmeſſers multiplicirte. Dieß alles hat Euclides ſchon dargethan. Nun käme es aber, um ein der Kreisfläche gleiches (gleich großes) Quadrat zu erhalten, noch darauf an, daß man eine mitt-

lere geometriſche Proportionallinie zwiſchen der Peripherie und der Hälfte des Halbmeſſers ſuchte. Dieſe würde dann die Seite desjenigen Quadrats ſeyn, welches ſo groß wäre, als die Kreisfläche. Die letztere nothwendige Ergänzung findet ſich noch nicht beim Euclides.

§. 65.

Ein Geometer von gleichem Range wie Euclides, und eben ſo unſterblich wie dieſer, trat 250 Jahre vor Chriſti Geburt auf, nämlich Archimedes. Aber nicht blos großer Geometer war Archimedes, ſondern auch großer Mechaniker, wie ſo manche von ihm herrührende berühmte mechaniſche Erfindung darthut.

Archimedes war der erſte, welcher (in ſeinem Werke de dimensione circuli) das Verhältniß der Peripherie zum Durchmeſſer des Kreiſes mit einer Genauigkeit beſtimmte, die noch jetzt zu den meiſten mathematiſchen Unterſuchungen hinreicht. Er beſchrieb in und um den Kreis erſt ein reguläres Sechseck, dann ein reguläres Zwölfeck, hierauf ein reguläres Vierundzwanzigeck, dann ein reguläres Achtundvierzigeck und endlich ein reguläres Sechsundneunzigeck. Aus dem Halbmeſſer des Kreiſes und der Seite des darin beſchriebenen Sechsecks berechnete er die Seite des Sechsecks; aus der Seite des Sechsecks diejenige des Zwölfecks; aus der Seite des Zwölfecks diejenige des Vierundzwanzigecks ꝛc., bis er auf die Seite des Sechsundneunzigecks kam. Wußte er eine Seite des Sechsundneunzigecks in Theilen des Halbmeſſers, ſo wußte er auch leicht alle 96 Seiten deſſelben Vielecks, d. h. den Umfang deſſelben. Dieſer Umfang mußte dem Umfange des Kreiſes

außerordentlich nahe kommen. Und wußte er nicht blos den Umfang des in, ſondern auch des um den Kreis beſchriebene Sechsundneunzigecks, ſo brauchte er von beiden Umfängen nur das arithmetiſche Mittel zu nehmen. Dieſes konnte er dann, wie er es wirklich that, dem Umfange des Kreiſes, ohne merklichen Fehler gleich ſetzen. So fand er dann das Verhältniß des Durchmeſſers zum Umfange, wie 7 zu 22, welches für praktiſche Aufgaben, die keine ſehr große Genauigkeit verlangen, immer hinreichend gefunden worden iſt. Es lag auch wirklich, wie ſich aus Eutocius, in deſſen Commentar zu Archimedes Schrift über dieſen Gegenſtand, ergiebt, in ſeiner Abſicht, nur ein der völligen Wahrheit ſich näherndes Verhältniß zu finden.

§. 66.

Nach Archimedes machte man eine Menge Verſuche, das Verhältniß des Durchmeſſers zum Umfange ſchärfer anzugeben. Vorzüglich berühmt wurde Ludolph van Ceulen (gewöhnlich von Cölln genannt) durch eine genaue Berechnung dieſes Verhältniſſes. Er fand gegen Ende des ſechszehnten Jahrhunderts (§. 81.) das allgemeine Verhältniß des Durchmeſſers zum Umfange wie

$$1 : 3{,}14159265358979323846264338387950 \ldots$$

alſo bis auf zweiunddreißig Decimalſtellen. Durch die 0 in der letzten Stelle wird das Verhältniß etwas zu klein; durch eine 1 in derſelben Stelle würde es etwas zu groß geworden ſeyn, beides aber nicht einmal um einen halben Quintilliontheil! Mittelſt analytiſcher Kunſtgriffe konnte man in den neuern Zeiten noch viel weiter gehen; dadurch ſetzte Shervin es bis auf 72, Machin auf 120 und Lagny

bis auf 127 Decimalſtellen fort; noch ſpäter brachte man daſſelbe Verhältniß ſogar bis auf 156 Decimalſtellen heraus. Solche Bemühungen waren aber eigentlich überflüſſig, weil ſchon das von Cöllnſche Verhältniß mehr als hinreichend iſt, die größten Kreiſe am Himmel von vielen Millionen Meilen mit der Genauigkeit eines Zolls auszurechnen.

§. 67.

Konnte man nun auch den Umfang des Kreiſes arithmetiſch ungemein genau in Theilen des Durchmeſſers angeben, ſo ging dies doch geometriſch nicht an. Wäre man im Stande geweſen, die Peripherie des Kreiſes in einer gleich großen geraden Linie darzuſtellen, oder, wie man dies ausdrückt, ihn zu rectificiren, ſo würde man dieſe gerade Linie als die Grundlinie eines Dreiecks haben anſehen können, deſſen Höhe dem Halbmeſſer deſſelben Kreiſes gleich geweſen wäre. Die Grundlinie mit der halben Höhe (Peripherie des Kreiſes mit dem halben Halbmeſſer) multiplicirt, würde den Inhalt des Dreiecks, folglich auch den Inhalt des Kreiſes gegeben haben. Das Dreieck hätte man auch können in ein gleich großes Rechteck, und dieſes wieder in ein gleich großes Quadrat verwandeln. Letzteres wäre dann dem Inhalte des Kreiſes gleich geweſen, und ſo hätte man das ſo berühmte und berüchtigte Problem, die Quadratur des Kreiſes, aufgelößt. Hat man nun auch in der neuern Zeit durch Hülfe der Analyſis des Unendlichen ſolche krumme Linien rectificirt und quadrirt, woran die alten Geometer vergeblich ihr Heil verſuchten, ſo hat dies doch beim Kreiſe noch nicht gelingen wollen. Nur Anfänger

der Mathematik oder völlig Unerfahrne in dieſer Wiſſenſchaft ziehen jetzt noch jenem Irrlichte nach.

§. 68.

Ungemein wichtig und ein ſehr großer Fortſchritt in der Mathematik war auch Archimedes Beſtimmung der Kugel- und Cylinderverhältniſſe für Oberfläche und körperlichen Inhalt. Dieſer große Meßkünſtler zeigte zuerſt (in ſeinem Werke de Sphaera et Cylindro), daß die Oberfläche der Kugel gleich iſt der krummen Seitenfläche des um ſie beſchriebenen Cylinders (d. h. eines Cylinders, deſſen Durchmeſſer der Grundfläche und deſſen Höhe dem Durchmeſſer der Kugel gleich kommt), oder daß ſie viermal ſo groß iſt, als die Fläche eines ihrer größten Kreiſe; ferner, daß die Oberfläche jedes Kugelabſchnitts gleich iſt der krummen Seitenfläche eines Cylinders von der Höhe jenes Abſchnitts und von einem dem Durchmeſſer der Kugel gleichen Diameter der Grundfläche, oder auch gleich der Fläche eines Kreiſes, welcher zum Halbmeſſer die von dem Pole der Kugel bis zu einem Punkte des Umfangs der Grundfläche gezogene gerade Linie hat; auch daß der körperliche Inhalt der Kugel zwei Drittheile vom körperlichen Inhalte des um die Kugel beſchriebenen Cylinders iſt, u. dgl. mehr.

Archimedes Unterſuchungen über die Eigenſchaften von Körpern, die durch Umdrehung der Kegelſchnitte entſtehen (in ſeinem Werke de Conoidibus) ſind merkwürdig. So beſtimmte er die Verhältniſſe dieſer Körper zu Cylinder und Kegel von derſelben Grundfläche und Höhe; er zeigte z. B. daß der körperliche Inhalt des Paraboloids nur die Hälfte des um daſſelbe beſchriebenen Cylin-

ders beträgt. Recht ſinnreich bewieß er (in ſeiner Schrift de Quadratura parabolae), daß die Fläche der Parabel zwei Drittheile des um ſie beſchriebenen Rechtecks ausmacht. Rechnet man hierzu ſeine tiefſinnigen Unterſuchungen über die von Conon erfundenen Spirallinien u. über Schraubenlinien (in ſeiner Schrift de Spiralibus et Helicibus) mit den darauf ſich gründenden praktiſch-mechaniſchen Anwendungen, ferner, die von ihm ausgegangene Erweiterung und Verdeutlichung des Gebrauch der geometriſchen Analyſis und noch ſo manches andere der Welt offenbarte, ſo liegt die Unſterblichkeit dieſes ausgezeichneten Mannes unbezweifelt vor uns. Er ſelbſt mochte wohl obige Erfindung von Kugel und Cylinder unter die wichtigſten halten, die er gemacht hatte; denn er wünſchte, daß nach ſeinem Tode in ſein Grabmal eine in einen Cylinder beſchriebene Kugel eingegraben werden ſollte. Dieſer ſein Wunſch wurde auch erfüllt.

§. 69.

Kaum fünfzig Jahre nach Archimedes Tode ſtand ein anderer großer Geometer auf, der jenem an Ruhm beinahe gleich kam, nämlich Apollonius, mit dem Beinamen Pergäus, weil er aus Perga in Pamphilien gebürtig war. Wenn auch der größte Theil von Apollonius Werken über höhere Geometrie verloren gegangen iſt, ſo iſt doch das Hauptwerk deſſelben über Kegelſchnitte beinahe noch ganz vollſtändig vorhanden; nämlich von acht Büchern dieſes Werks beſitzen wir noch die erſten ſieben. Aber nur die vier erſten ſind in der Originalſprache, der griechiſchen, zu uns gekommen; die drei folgenden in einer Ueberſetzung, die ums Jahr 1250 arabiſch, und aus dem Arabi-

ſchen, um die Mitte des ſiebenzehenten Jahrhunderts lateiniſch gemacht worden war.

Vor dem Apollonius hatte man die Kegelſchnitte nur im ſenkrechten Kegel betrachtet. Apollonius aber unterſuchte ſie in jedem Kegel, deſſen Grundfläche eine Kreisfläche iſt; er bereicherte nicht blos die Erfindungen ſeiner Vorgänger mit neuen Anſichen, ſondern brachte auch ſelbſt viele ganz neue Sätze zum Vorſchein; und in dem fünften Buche ſeines Werks findet man den Keim der höchſt ſcharfſinnigen und tief gehenden Theorie von den Evoluten, die in der neuern Geometrie vornehmlich durch Huyghens, Jacob Bernoullis und Eulers Unterſuchungen zu einer großen Vollkommenheit gebracht und auf verſchiedene Weiſe praktiſch angewendet worden iſt. Auch über das Größte und Kleinſte, ſowie über den Mittelpunkt des Schwunges hat Apollonius ſchon Unterſuchungen angeſtellt.

§. 70.

Unter den Griechen erklärten ihn Pappus, Eutocius und die gelehrte Hypatia. Um das Jahr 830 fingen die Araber unter dem Kalifen Almamon an, ihn zu überſetzen. Ahmed Ben Mouſſa Al-Hamaſſi überſetzte die vier erſten, Thabeth Ben Corrah die drei folgenden Bücher. Abalphat überſetzte ihn im Jahr 994 aufs Neue; der berühmte Perſer Naſireddin machte Anmerkungen über ihn; der Perſer Abdalmelec machte Auszüge aus ihm.

Im Occident wurde Apollonius erſt um die Mitte des fünfzehenten Jahrhunderts bekannt. Regiomontan

wollte ihn herausgeben; aber der Tod vereitelte dies Unternehmen. Die lateiniſche Ueberſetzung des Memmius vom Jahr 1537 war ſchlecht; eine beſſere lieferte Commandinus im Jahr 1566. Aber erſt als Borelli im Jahr 1658 die arabiſche Handſchrift des Abalphat entdeckte, erhielten wir von demſelben eine recht gute lateiniſche Ueberſetzung mit gelehrten Anmerkungen. Die Ausgabe des Barrow verdiente ebenfalls viele Empfehlung. Eine vorzügliche Ausgabe lieferte Halley im Jahr 1710, mit Bereicherungen, die dieſem Engländer zu großer Ehre gereichten. So ſtellte er z. B. das erſte Buch, freilich nach Pappus vorhergegangener Anleitung, ſo vortrefflich wieder her, als das Original es ſchwerlich gehabt hat. Apollonius ſoll übrigens auch, wie Eutocius erzählt, das Verhältniß der Peripherie des Kreiſes zum Durchmeſſer noch genauer, wie Archimedes beſtimmt gehabt haben.

§. 71.

Von einem gewiſſen Heraclides, welcher das Leben des Archimedes beſchrieb, wurde Apollonius eines gelehrten Diebſtahls beſchuldigt. Dieſer Heraclides behauptete nämlich, er ſelbſt habe über Kegelſchnitte geſchrieben, und ſein Werk wäre es eben, welches unter Apollonius Namen ans Licht gekommen wäre. Daß dieſe Beſchuldigung falſch war, haben noch in der neuern Zeit mehrere gelehrte Männer, wie z. B. Weidler, zu beweiſen geſucht.

Conon von Samos, ein Freund des Archimedes, ſchrieb gleichfalls ein Werk über Kegelſchnitte. Er gerieth darüber in einem Streit mit einem gewiſſen Nicoteles,

der um die Sternkunde ſich verdient gemacht, und die Theorie der Kegelſchnitte erweitert hatte.

§. 72.

Mußte man auch den Archimedes und Apollonius als die größten Geometer ihrer Zeit anſehen, ſo gab es in derſelben Epoche doch noch manche andere Mathematiker, deren Namen noch bei uns mit Achtung genannt werden. Dahin gehört unter andern, außer Conon, auch Nicomedes, der die Muſchellinie oder Conchoide erfand, worüber er ſelbſt mehrere ſinnreiche Betrachtungen anſtellte, und die in der Folge auch praktiſche Anwendungen fand, z. B. zur Verjüngung der Säulen-Schäfte und zur Bildung von Faßdauben. Die erſtere Anwendung rührt von dem italieniſchen Architekten Vignola, die zweite von dem Ingenieur Müller in Gröningen her. Nicomedes bediente ſich der Conchoide auch, einen geradlinichten Winkel in drei gleiche Theile zu theilen. Ihr Gebrauch zur Verdoppelung des Würfels und zur geometriſchen Conſtruction beſtimmter Gleichungen vom dritten und vierten Grade wurde auch von dem großen Newton mit Ehren anerkannt.

Auch Platos Schüler und Freunde, Ariſtäus, Eudoxus, Menächmus, Dinoſtratus u. A. hatten in der höheren Geometrie ſchon recht ſchöne Kenntniſſe. Schade, daß des Ariſtäus fünf Bücher über die Kegelſchnitte verloren gegangen ſind! Vom Menächmus hat uns Eutocius noch ein Paar ſchöne Anwendungen der Theorie der Kegelſchnitte auf das Problem von der Verdoppelung des Würfels erhalten; und die ſogenannte Quadra-

trix des Dinoſtratus, eine krumme Linie, wodurch die Triſection oder Multiplication eines Winkels, ſowie die Quadratur des Kreiſes bewerkſtelligt werden ſollte, iſt bis auf die neueſte Zeit berühmt geblieben. Unter andern hat ſie Käſtner ſehr genau beleuchtet.

§. 73.

Das Zeitalter, welches jetzt folgte, war nicht ſo reich an Erfindungen in der Geometrie. Da ſich aber die Mathematiker jetzt mehr mit Aſtronomie zu beſchäftigen anfingen, ſo konnte es nicht fehlen, daß dadurch auch die Geometrie manches Nützliche gewann. Die Aſtronomie war es eigentlich, welche die Geometer nöthigte, die Arithmetik auf die Geometrie anzuwenden. Das war beſonders bei Meſſungen von Entfernungen auf der Erdfläche und bei Beſtimmungen des Inhalts von Feldern nöthig.

So war es bei aſtronomiſchen Beſtimmungen auch nothwendig, die Winkel durch Verhältniſſe von Linien in rechtwinklichten Dreiecken anzugeben. Menelaus aus Alexandrien machte ſich, hundert Jahre nach Chriſti Geburt, durch ſolche Bemühungen bekannt. Er ſchrieb ſechs Bücher von Sehnen im Kreiſe, die aber verloren gegangen ſind. Die Lehre von den Lagen der Kreiſe auf einer Kugelfläche gegen einander, und von ſolchen Dreiecken, die von großen Kreiſen auf einer Kugelfläche gebildet werden, war für die Aſtronomie ſehr nothwendig. Fünfzig Jahre vor Chriſti Geburt ſchrieb ſchon Theodoſius über dieſe Lehre. — So waren alſo ſchon die Grundſätze der ſphäriſchen Trigonometrie mittelſt der Geometrie feſtgeſetzt.

§. 74.

Wenn man den Menelaus ausnimmt, ſo gingen nach Theodoſius drei bis vier Jahrhunderte vorüber, ehe wieder ein Geometer von bedeutendem Range aufſtand. Pappus und Diocles waren die erſten, welche der Geometrie einen neuen Glanz verliehen. Pappus gab, 375 Jahre nach Chriſti Geburt, eine vortreffliche Sammlung von mathematiſchen Lehrſätzen und Aufgaben, ſammt ihren Auflöſungen, heraus, die von ſehr mannigfaltigem Inhalte war. In dieſer Sammlung iſt eine bedeutende Anzahl vorzüglicher Werke zuſammengeſtellt, die im Einzelnen faſt insgeſammt verloren gingen; aber auch aus eigenem Geiſte hat Pappus mehrere neue ſinnreiche und gelehrte Sätze beigefügt. Beſonders den Geiſt der geometriſchen Analyſis der Alten lernte man aus dieſer Sammlung kennen. Sie war in acht Bücher getheilt, wovon die beiden erſten, leider! verloren gegangen ſind. Commandin gab ſich vor der Mitte des ſiebenzehnten Jahrhunderts alle mögliche Mühe, die beiden erſten Bücher noch aufzufinden; aber vergebens. Er mußte ſich begnügen, im Jahr 1638 nur die ſechs übrigen Bücher (in's Lateiniſche) zu überſetzen.

Die Aufgabe von den geometriſchen Oertern fand an Pappus in der That ſchon ihren Meiſter; und mancherley Betrachtungen über die Oberfläche der Kugel und anderer Körper beurkundeten ſchon allein ſein vorzügliches mathematiſches Talent. Der in neuern Zeiten von Guldin bekannt gemachte Satz, wie mittelſt des Schwerpunktes von Linien und Flächen der Inhalt der dadurch beſchriebenen Oberflächen und Körper gefunden werde, wird von Pappus, als ſeine Erfindung, in Anſpruch genommen.

§. 75.

Nur ein Paar Dutzend Jahre nach Pappus trat Diocles als Geometer auf. Er ſoll zuerſt die Ciſſoide zum Vorſchein gebracht haben, eine krumme Linie, welche er zur Auflöſung des Problems anwandte, zwei mittlere geometriſche Proportionallinien zu finden. Schon Geminus kannte dieſelbe hundert Jahre vor Chriſti Geburt, wie Proclus in ſeinem Euclid'ſchen Commentar anführt; er nannte ſie eine zuſammengeſetzte Linie, die ſich breche und einen Winkel mache. Newton gab in der Folge eine ſinnreiche Methode an, die Ciſſoide zu beſchreiben. Wallis fand ihre Quadratur und Cubatur, nebſt der Lage ihres Schwerpunktes.

Auf einem eigenthümlichen Wege fand Diocles auch die Auflöſung des Problems, eine Kugel durch eine Ebene nach einem gegebenen Verhältniß durchſchneiden zu laſſen. Archimedes hatte dieſelbe Aufgabe, aber auf andere Weiſe gelößt. Diocles Auflöſung gründete ſich auf eine geometriſche Conſtruction mittelſt des Durchſchneidens zweier Kegelſchnitte. Eutocius hat ſie uns aufbewahrt; derſelbe im fünften Jahrhundert nach Chriſti Geburt lebende Eutocius aus Aſcalon, welcher nützliche Erläuterungen über einige Schriften des Archimedes und über die vier erſten Bücher der Kegelſchnitte des Apollonius lieferte.

Ohngefähr um dieſelbe Zeit machte ſich noch ein anderer Geometer, Serenus, bekannt. Von dieſem beſitzen wir noch zwei Bücher über die Schnitte des Cylinders und des Kegels, welche zu ſinnreichen und intereſſanten Sätzen Veranlaſſung gaben. Halley hat in ſeiner Ausgabe des Apollonius beide Sätze des Serenus aufgenommen.

§. 76.

Proclus, etwa 500 Jahre nach Chriſti Geburt das Haupt der Platoniſchen Schule zu Athen, war in der Geometrie nicht unberühmt. Sein Commentar über das erſte Buch des Euclides fand wegen mancher ſinnreichen Bemerkungen nicht wenig Beifall. Sein Nachfolger Marinus bereicherte den Euclides durch eine gute Vorrede oder Einleitung. Iſidorus von Milet, ein Schüler des Proclus, von welchem wir freilich kein Werk mehr beſitzen, ſoll 530 Jahre nach Chriſti Geburt als ein vorzüglicher Geometer (und Mechaniker) geglänzt haben. Daſſelbe rühmt man auch, beſonders in mechaniſcher Hinſicht, von ſeinem Zeitgenoſſen Anthemius.

Unter den damaligen Geometern wurde der Name des jüngern Hero gleichfalls mit Ruhme genannt. Dieſen Hero muß man von dem berühmten Hydrauliker Hero von Alexandrien wohl unterſcheiden. Jener jüngere Hero ſchrieb eine Geodäſie, welche, wenn auch ſonſt von keiner großen Wichtigkeit, durch die Methode bekannt geworden iſt, den Flächen=Inhalt eines Dreyecks mittelſt der drei Seiten zu finden.

§. 77.

Jetzt trat der lange für die Geometrie, ſowie für die übrigen Wiſſenſchaften ſo unfruchtbare Zeitraum ein. Den erſten unglücklichen Schlag gab im Jahr 641 nach Chriſti Geburt die Eroberung von Aegypten durch die Saracenen und die Zerſtörung der herrlichen Bibliothek in Alexandrien. Dadurch ging die ſo alte und verdiente Akademie zu Grunde. Die politiſchen und kirchlichen Unruhen in dem griechiſchen Reiche

und in den Abendländern, unterdrückten faſt alle Beſchäftigungen mit der Mathematik; und wenn auch die Araber ſich noch für manche Wiſſenſchaften eifrig intereſſirten, ſo machten ſie doch in der Geometrie keine Fortſchritte.

So verſtrich denn eine Reihe von Jahrhunderten, worin die Geometrie mit den übrigen Wiſſenſchaften in Dunkel gehüllt lag. Was der Benedictiner Gerbert, welcher im Jahr 1003 als Pabſt Sylveſter II. ſtarb, in der Geometrie leiſtete, war freilich nach dem jetzigen Maaßſtabe der Geometrie äußerſt wenig, aber für jene trüben Zeiten, in Verbindung mit deſſelben Mannes mechaniſchen Kenntniſſen, ſo viel, daß man ihn damals für einen Zauberer und Herenmeiſter hielt.

Erſt vom fünfzehnten Jahrhundert an verſchwand das über den Wiſſenſchaften gelegene Dunkel allmählig und das Licht der Wiſſenſchaften leuchtete nun nach und nach immer heller und heller. Das zu jener Zeit ziemlich weit verbreitete Studium der alten Sprachen und die eben erfundene Buchdruckerkunſt trugen zu jener Helligkeit nicht wenig bei.

§. 78.

Hauptſächlich ſuchte man die griechiſchen Schriftſteller als Lehrer der Geometrie auf; und deßwegen überſetzte man ſie häufig, am meiſten in die lateiniſche oder italieniſche Sprache. Der Italiener Commandinus zeichnete ſich hierdurch beſonders aus. Aber auch an eignen Forſchungen und eignen Erfindungen fehlte es bald nicht.

Ein Deutſcher, der Cardinal Cuſanus, beſchäftigte ſich am Ende des fünfzehnten Jahrhunderts zuerſt wieder mit dem Verhältniß des Kreis-Durchmeſſers zum Umfange. Er ſuchte zu dieſem Verhältniß durch reguläre Viel-

ecke zu gelangen, aber nicht dadurch, daß er ſie, wie Archimedes, in den Kreis beſchrieb, ſondern er nahm eine gewiſſe Länge für den gemeinſchaftlichen Umfang mehrerer Vielecke an, und ſuchte nun den Durchmeſſer eines Kreiſes, welcher denſelben Umfang hätte. Er richtete auf dieſem Wege nicht viel aus, weil ihm manche Kenntniſſe fehlten, die erſt ſpäter erfunden wurden. — Mit der Quadratur des Kreiſes gab er ſich gleichfalls ab, aber ohne Erfolg.

§. 79.

Johann Werner bearbeitete zu Anfange des ſechszehnten Jahrhunderts mehrere Zweige der Geometrie ſehr eifrig, wie ſchon ſeine Aufſätze über Kegelſchnitte u. dgl. darthun, die er im Jahr 1522 zu Nürnberg herausgab. Der Italiener Tartaglia ſuchte die Geometrie mehr zu verbreiten und bereicherte ſie auch durch wichtige Sätze, wie z. B. derjenige iſt: den Inhalt eines Dreiecks aus ſeinen drei Seiten zu beſtimmen, ohne daß man nöthig hat, die Höhe zu meſſen. Seine im Jahr 1556 zu Venedig herausgegebene mathematiſche Schrift giebt hierüber die nöthige Auskunft. Maurolycus aus Meſſina zeigte ſich nach der Mitte des ſechszehnten Jahrhunderts als trefflicher Geometer, welches ſchon ſeine ſehr deutliche und gründliche Schrift von den Kegelſchnitten beweist, die Borellus ohngefähr hundert Jahre ſpäter, nämlich 1654, wieder herausgab, und de la Hire im Jahr 1679 mehr erweiterte und mit nützlichen Anwendungen bereicherte.

Der Portugieſe Nonius, eigentlich Nunnoz oder Nunnez, ein Zeitgenoſſe des Maurolycus, zeigte ſich eben-

falls als einen ſcharfſinnigen Geometer. Ihm verdanken wir die Unterabtheilung der kleinen Theile eines Inſtruments durch beſondere Linien und Bögen, welche man noch immer die Abtheilung des Nonius, oder auch den Nonius ſchlechthin nennt. Dieſe Erfindung iſt faſt hundert Jahre ſpäter, im Jahr 1631, von dem Franzoſen Peter Vernier dadurch ſehr verbeſſert worden, daß er an einer unbeweglichen geradlinichten Skale oder an einem unbeweglichen Bogen eine bewegliche geradlinichte Skale oder einen beweglichen geradlinichten Bogen anbrachte, woran man die einzelnen Theile leicht ſehen konnte, weil das bewegliche Stück etwa in 10 weniger 1 oder in 12 weniger 1 Theile getheilt war, wenn man das unbewegliche in 10 oder in 12 gleiche Theile getheilt hatte.

§. 80.

Der Franzoſe Peter Ramus war wohl als Mathematiker berühmt, aber nur wegen ſeines Eifers, die Geometrie und andere Theile der Mathematik auszubreiten; er ſelbſt hat in dieſer Wiſſenſchaft keine neue Entdeckungen gemacht. Als Proteſtant war er im Jahr 1572 mit ein Opfer der ſchrecklichen Bartholomäus-Nacht. Seinem Landsmann, Franz Vieta, verdankt die Geometrie in der letzten Hälfte des ſechszehnten Jahrhunderts mehrere Entdeckungen. So fand er das Verhältniß der Kreis-Peripherie zum Durchmeſſer bis auf zehn Decimalſtellen. Durch die wechſelſeitige Hülfe der Geometrie und Algebra wurde er auf manche wichtige Entdeckungen geleitet. So zeigte er z. B., daß bei jeder Gleichung vom dritten Grade, die überhaupt entweder eine mögliche Wurzel und zwei unmögliche, oder drei mög-

liche Wurzeln enthält, die mögliche Wurzel im erſten Falle durch die Verdoppelung des Würfels gefunden wird, die drei möglichen Wurzeln im zweiten Falle aber durch die Triſection des Winkels gefunden werden. — Von den negativen Wurzeln hatte er freilich eine undeutliche Vorſtellung; ſolche Wurzeln ſind erſt von Descartes gehörig erleuchtet worden.

Uebrigens iſt Vieta auch noch der erſte, welcher einen ordentlichen Begriff von der Winkeltheilung gab, und zwar mittelſt der Sehnen oder auch der Sinuſſe für eine Reihe von Bögen, die man kennt; oder auch umgekehrt mittelſt der Bögen, wenn man die Sehnen oder die Sinuſſe kennt. Hermann, Jacob Bernoulli und Euler erweiterten dieſe Lehre in der Folge. Auch das Werk des Apollonius von den Berührungen ſtellte Vieta wieder her.

§. 81.

Der Franzoſe Fernel, welcher im Jahr 1556 ſtarb, kann zwar als eigentlicher Geometer auf keinen ausgezeichneten Rang in der Geſchichte der Mathematik Anſpruch machen; er hat ſich aber doch dadurch keinen unbedeutenden Ruhm erworben, daß er es unter den Neuern zuerſt verſuchte, die Größe der Erde auszumeſſen. Aus der Zahl der Umläufe eines Wagenrades auf dem Wege von Paris nach Amiens ſchätzte er die Länge eines Meridian-Grades auf 56746 Pariſer Toiſen. Er war nämlich ſo lange gefahren, bis der Polarſtern um einen Grad weiter emporgerückt war. Daß jenes Reſultat der Wahrheit ſehr nahe kam, konnte freilich nicht der Genauigkeit einer ſolchen Meſſung, ſondern blos dem Zufalle zugeſchrieben werden.

In demſelben Jahrhundert ſuchten drei Holländer, Pe-

ter Metius, Hadrian Romanus und Ludolph van Ceulen (letzterer eigentlich von Geburt ein Deutſcher, aus Hildesheim, aber in Holland wohnhaft und daſelbſt gleichſam naturaliſirt), nach verſchiedenen Methoden, auf eine genauere Weiſe, wie bisher, das Verhältniß der Kreis-Peripherie zum Durchmeſſer zu beſtimmen. Peter Metius fand dieſes Verhältniß wie 355 zu 113. Es näherte ſich ſo der Wahrheit auf eine vorzügliche Weiſe. Hadrian Romanus brachte es auf 17 Decimalſtellen. Von dem Verhältniß des Ludolph van Ceulen, welches dieſer im Jahr 1596 zuerſt aufſtellte, iſt ſchon (§. 66.) die Rede geweſen. Auch Philipp Lansberg gab ſich damals mit der Quadratur des Kreiſes ab.

§. 82.

Das ſiebenzehnte Jahrhundert war noch viel reicher an geometriſchen Erfindungen und Entdeckungen und an der Erweiterung der Geometrie überhaupt. Im Jahr 1615 führte der berühmte Kepler das unendlich Kleine in dieſer Wiſſenſchaft ein und wandte es zur Vergleichung des Inhalts runder Körper an. So beſtimmte er den Inhalt von 90 Körper-Arten. Freilich fehlte ihm hierbei zuweilen die directe Methode, und dann nahm er, durch ſeine Einbildungskraft verleitet, Verhältniſſe an, die nicht ſtreng bewieſen werden konnten, ſondern nur eine Wahrſcheinlichkeit hatten.

Der Jeſuit Clavius, welcher im Jahr 1612 ſtarb, hatte einen großen Commentar über Euclids Elemente geſchrieben, aber auch noch andere weitläufige Werke, die indeſſen nicht viel Neues enthielten. Der im Jahr 1660 geſtorbene Jeſuit Tacquet ſtand als Geometer mit jenem ohngefähr in

gleichem Range. Mehr Ruhm erwarb ſich der niederländiſche Jeſuit Gregorius a St. Vincentio, beſonders durch ein im Jahr 1644 erſchienenes Werk, worin er die Quadratur des Kreiſes ſuchte. Wenn er dieſe auch nicht fand, ſo iſt ſein Werk doch ſehr reichhaltig an genauen und tiefſinnigen Unterſuchungen, z. B. über die Ausmeſſungen der hufförmigen Schnitte verſchiedener durch Umwälzung der Kegelſchnitte erzeugten Körper. Auch fand er, daß die Flächenräume zwiſchen einer Hyperbel, der einen Aſſymptote und den mit der andern parallelen Ordinaten gleichförmig wachſen, wenn die zugehörigen Abſciſſen in geometriſcher Progreſſion genommen werden. Leibnitz unter andern ſpricht mit vieler Achtung von ihm.

§. 83.

Die Lage der berührenden Linien oder Tangenten hatten die alten Geometer blos durch Hülfe der Geometrie beſtimmt. Als man aber im ſiebzehnten Jahrhundert auf eigne Weiſe die Arithmetik mit der Geometrie verband, da ſuchte man allerley Verfahrungsarten zu erfinden, die Tangenten durch allgemeine analytiſche Regeln zu beſtimmen. Schon Descartes gab ſolche Methoden an. Beſſere und bequemere Wege fand Fermat, weshalb er auch mit Descartes in einen Streit gerieth, der letzterem nicht zur Ehre gereichte. Später haben Hudde, Sluſe, Huyghens, Newton, Leibnitz, Barrow, Roberval, Jacob Bernoulli u. a. ſich angelegentlich mit demſelben Gegenſtande beſchäftigt, wie der weitere Erfolg meiner Geſchichte ſchon lehren wird.

Guldin und Lucas Valerius, welche beide in der

erſten Hälfte des ſiebzehnten Jahrhunderts lebten, hatten ſich auch durch einige geometriſche Unterſuchungen und Entdeckungen bekannt gemacht. So gründete Guldin die Berechnung des Inhalts von Flächenräumen und Körpern auf eine Eigenſchaft des Schwerpunkts, die man noch immer Guldins Regel nennt. So dehnte Valerius die von Archimedes blos bei dem paraboliſchen Konoid angefangene Unterſuchung auch auf mehrere andere Körper aus.

§. 84.

Der im Jahr 1647 geſtorbene Cavaleri war freilich ein größerer Mathematiker. Er entdeckte nicht blos eine neue Art Spirallinie, ſondern brachte auch, wie man aus ſeiner 1635 erſchienenen **Geometria indivisibilium** ſieht, folgende noch wichtigere Entdeckung an's Licht. Das Verfahren der Alten, Oberfläche und Inhalt der Körper zu beſtimmen, war wohl ſehr ſtrenge, aber umſtändlich wegen des Beſchreibens der Vielecke in und um den Körpern herum. Cavaleri ſuchte auf einem kürzern Wege zu demſelben Ziele zu gelangen. Er betrachtete nämlich die ebenen Oberflächen als aus unendlichen Summen von Linien zuſammengeſetzt, die Körper als aus unendlichen Summen von Ebenen; und dann nahm er als Grundſatz an, daß die Verhältniſſe jener unendlichen Summen von Linien oder Ebenen in Bezug auf Zahlen-Einheit in jedem Falle dieſelben wären, wie die der zu meſſenden Oberflächen oder Körper. In den ſechs erſten Büchern ſeines Werks wandte Cavaleri ſeine neue Theorie auf die Quadratur der Kegelſchnitte, auf die Kubirung der aus ihrer Umwälzung erzeugten Körper u. dgl. an. Torricelli machte von Cavaleri's Methode bei der Quadratur der Cy-

cloide Gebrauch. Descartes aber würdigte der Geometrie des Cavaleri keine Aufmerkſamkeit. In einem Briefe an Merſenne ſagt er blos, er habe die Sätze des Cavaleri in einer Viertelſtunde überlaufen, und da habe er nichts Neues darin gefunden.

§. 85.

Schon im Jahr 1634 hatte Roverval eine ähnliche auf das Princip der Untheilbarkeit gegründete Methode zu demſelben Zwecke angewendet. Er betrachtete aber auf eine ſchärfere Weiſe die Körper ſo, als hätten ſie Rechtecke von unbeſtimmter kleiner Höhe, oder Schnitte von unbeſtimmt kleiner Dicke zu Elementen, und nicht bloße Linien oder Ebenen.

Roberval wandte ſeine Methode ſchon damals auf diejenige krumme Linie an, welche Radlinie oder Cycloide heißt. Schon im Jahr 1615 war dieſe krumme Linie von dem Pater Merſenne (Merſennüs) einer beſondern Aufmerkſamkeit gewürdigt worden. Merſenne betrachtete nämlich an einem fortrollenden Wagenrade die Bewegung eines Rad-Nagels in der Luft, und da ſah er, daß dieſer Nagel diejenige krumme Linie in der Luft beſchrieb, welche Cycloide genannt wurde. Dem Merſenne ſelbſt gelang es nicht, die Natur dieſer krummen Linie zu entdecken; deswegen theilte er im Jahr 1634 dem Roberval die dabei angetroffenen Schwierigkeiten mit. Dieſer ſcharfſinnige Mathematiker, dem nur ein beſſeres, friedliebenderes Gemüth wäre zu wünſchen geweſen, beſiegte die meiſten Schwierigkeiten. Unter andern beſtimmte er den Flächen-Inhalt der Cycloide und die körperlichen Räume, welche von der krummen Linie durch ihre Umwälzung um die Grundlinie oder Axe erzeugt werden. Fer-

mat und Descartes lößten bald nachher dieſelben Probleme auf und machten noch allerley Entdeckungen dazu, wie z. B. diejenige, Tangenten an die Cycloide zu ziehen. Roberval betrat einen noch allgemeinern und ſicherern Weg. Er betrachtete den Punkt, welcher eine krumme Linie beſchreibt, als in jedem Augenblicke aus zwei Geſchwindigkeiten zuſammengeſetzt, die der Natur der krummen Linie gemäß ſind; er conſtruirte ein Parallelogram, deſſen Seiten jenen Geſchwindigkeiten proportional waren und nahm das Princip an, daß die Richtung der Tangente in die Diagonale fallen müſſe.

§. 86.

Nach Pascal und Gröning, wovon jeder eine Geſchichte der Cycloide ſchrieb, hatte Galilei die Radlinie ſchon vor dem Jahr 1599 in Unterſuchung genommen und ſie wegen ihrer gefälligen Geſtalt für Brücken-Bögen anwendbar gehalten; die Beſtimmung ihres Inhalts aber war weder ihm, noch dem Cavaleri, gelungen. Torricelli, des großen Galilei Schüler, fand zuerſt den Inhalt; er hatte ſich überhaupt im Jahr 1644 viel mit der Cycloide beſchäftigt, und manche bei derſelben vorkommende Probleme aufgelößt, wodurch er mit dem eitlen und zänkiſchen Roberval, der ſich alle Erfindungen anmaßen wollte, ſo in Verdruß gerieth, daß er darüber im Jahr 1647 ſein Leben einbüßte. Viviani fand die Tangenten der Cycloide.

Bei mehreren mechaniſchen Anwendungen, z. B. bei den Huygheus'ſchen Pendeluhren zu iſochroniſchen Schwingungen, zu der Geſtalt der Zähne mancher Räder, zu der Geſtalt der Däumlinge in Stampf-, Hammer- und ähnlichen Hebewerken ꝛc., erhielt die Cycloide eine große Wichtigkeit, und die-

ſe Wichtigkeit behauptet ſie auch noch immer in gegenwärtiger Zeit.

§. 87.

Indeſſen war doch die Cycloide bald nach Galilei's und Robervals Zeit bei den Geometern wieder ziemlich in Vergeſſenheit gekommen, als Pascal ſich ihrer im Jahr 1658 von Neuem annahm und ſie wieder an's Licht zog. Er legte den Mathematikern neue Aufgaben vor, für deren Auflöſung er ſelbſt Preiſe geben wollte. So verlangte er den Flächenraum eines jeden beliebigen Abſchnitts der Cycloide, den Mittelpunkt der Schwere dieſes Segments, die körperlichen Räume und den Schwerpunkt dieſer Räume, u. dgl. Zwar lößten Huyghens, Sluſius, Lalouere, Wallis und der engliſche Architekt Wren einen Theil jener Aufgaben auf höchſt ſinnreiche Weiſe; aber dieſe Auflöſungen genügten doch dem Verlangen des Aufgebers nicht völlig. Erſt Pascal ſelbſt gab im Jahr 1659 die wahre und vollſtändige Auflöſung, und eben dadurch zeigte er, daß er einer der geiſtvollſten und kenntnißreichſten Mathematiker war, die je gelebt haben.

Chriſtoph Wren fand zuerſt die Vergleichung der Bögen der Cycloide mit einer geraden Linie; überhaupt war jene Curve die erſte gegebene krumme Linie, welche rectificirt wurde. Johann Bernoulli ſtellte gleichfalls ſcharfſinnige Unterſuchungen darüber an.

§. 88.

Dem Torricelli verdankt die Geometrie noch einige andere Erweiterungen. So vervollſtändigte er die Lehre des

Archimedes von der Kugel, vornehmlich durch die Beſtimmung des Inhalts der Körper, welche durch Umdrehung regulärer Vielecke erzeugt werden. Er gab zwanzig verſchiedene Arten an, die Parabel zu quadriren, theils geometriſche, theils mechaniſche, theils nach der Methode des Untheilbaren. Die Quadratur der Cycloide hatte er auf dreierley Art herausgebracht.

Einen Hauptſchwung aber erhielt die Geometrie durch die mannigfaltigen herrlichen Entdeckungen und Erfindungen des im Jahr 1650 verſtorbenen hochberühmten Descartes, gewöhnlich Carteſius genannt. Schon die Ausdehnung der arithmetiſchen Begriffe, welche die Wörter Multipliciren und Dividiren nach ihrer urſprünglichen Bedeutung ausdrüken, auf geometriſche Conſtructionen und der darauf gegründete Gebrauch algebraiſcher Rechnungen in der Geometrie, rührt von Descartes her. Derſelbe unſterbliche Philoſoph und Mathematiker war es auch, der zuerſt auf eine ausgedehnte und geordnete Weiſe die Algebra auf die Geometrie anwandte, wozu ſein Vorgänger Vieta den Grund gelegt hatte. Er war der Erfinder von der allgemeinen Methode, die Natur der krummen Linien durch Gleichungen darzuſtellen und ſie in verſchiedene Ordnungen einzutheilen, und zwar in Rückſicht auf die verſchiedenen Grade dieſer Gleichungen. Dadurch öffnete er der Geometrie ein weites fruchtbares Feld, das von andern Mathematikern mit dem größten Glück betreten wurde. Iſt einmal das Geſetz, nach welchem eine krumme Linie beſchrieben werden muß, gegeben, ſo kann man ſie ſelbſt und alles zu ihr gehörige leicht finden.

§. 89.

Die krummen Linien von doppelter Krümmung betrachtete Descartes ebenfalls zuerſt. Beſonderes Vergnügen machte ihm, wie er ſelbſt ſagt, ſeine Methode, Tangenten an krumme Linien zu ziehen, die einfach und ſinnreich zugleich war. Die berühmte verkehrte Methode der Tangenten entſtand bei Gelegenheit einer Aufgabe, welche Beaune im Jahr 1641 ſeinem Freunde Descartes vorlegte. Dieſer lehrte auch zuerſt die geometriſche Auflöſung der Gleichungen vom dritten und vierten Grade durch den Kreis und die Parabel. Zugleich zeigte er, wie Gleichungen vom fünften und ſechsten Grade vermöge der Durchſchnitte eines Kreiſes mit einer paraboliſchen Conchoide (Muſchellinie) aufgelöſt werden. Die Conchoide ſelbſt wandte Newton in der Folge zur Conſtruction kubiſcher und biquadratiſcher Gleichungen an. Bei höheren Gleichungen, als denen vom vierten Grade zeigte ſich die geometriſche Auflöſung ſchwieriger, als die arithmetiſche.

Im Jahr 1637 erſchien die Geometrie des Descartes. Der arrogante Roberval und einige andere franzöſiſche Geometer ſuchten ſie auf alle Weiſe herabzuſetzen; aber mit ſchwachem Erfolg. Beſonders in fremden Ländern fand ſie die verdienten Bewunderer unter den ausgezeichnetſten Männern. Ein ſolcher war der im Jahr 1659 verſtorbene gelehrte Profeſſor Schooten zu Leyden, der ſie im Jahr 1649 in einem vortrefflichen Commentar erläuterte und weiter ausführte. So viel iſt freilich wahr, daß auch Roberval eine neue ſinnreiche Methode der Tangenten krummer Linien erfand und deren Aehnlichkeit mit den Fluxionen entdeckte. Schon

im Jahr 1636 kannte er ſie, und im Jahr 1640 ſchrieb er deswegen an Fermat. Seine Methode gründete ſich auf die Lehre von der zuſammengeſetzten Bewegung. Im Jahr 1644 brachte Torricelli etwas ähnliches zum Vorſchein.

§. 90.

Fermat, welcher im Jahr 1665 ſtarb, ſtellte zu gleicher Zeit mit Descartes die Beſchaffenheit einer Curve durch eine Gleichung dar. Auch er gab Verfahrungsarten an, Tangenten an krumme Linien zu ziehen. Sinnreich und einfach war ſeine Methode, hyperboliſche und paraboliſche Linien höherer Art, nebſt der gemeinen Parabel, zu quadriren, und zwar mittelſt Summirung einer geometriſchen Reihe. Er erfand ein eignes Verfahren, die Größten und Kleinſten zu beſtimmen, bei Größen, welche anfangs wachſen und nachher abnehmen, oder anfangs abnehmen und nachher wachſen. Gewöhnlich hält man ihn auch für den erſten, welcher die Aufgabe lößte, eine Kugel zu finden, die andere gegebene Kugeln oder Ebenen berührt, oder deren Oberfläche durch gegebene Punkte geht. Er hatte ferner im Jahr 1636 eine neue Art Spirallinie entdeckt. Dem Roberval legte er Aufgaben von der Quadratur der Parabeln vor, welcher ſie auch auflößte.

Ein trefflicher geometriſcher Kopf war auch Pascal, welcher ſchon im ſechszehnten Jahre ſeines Alters eine gründliche Abhandlung über Kegelſchnitte ſchrieb. In ſeiner Geſchichte der Cycloide lößte er ſehr ſchwere Aufgaben auf. Schade, daß er in der Blüthe ſeines Lebens, im Jahr 1662, hinweggerafft wurde. Herigone hat ſich im Jahr 1644 durch ſeinen ſehr nützlichen, viel verbreiteten **Cursus mathematicus**,

worin er alle Theile der Mathematik in dem Zuſtande darſtellte, worin ſie ſich damals befanden, nicht wenig Verdienſt erworben.

§. 91.

Der Engländer Wallis löſte im Jahr 1655, in ſeiner Arithmetica infinitorum, eine große Anzahl ſchöner Aufgaben auf, welche die Quadraturen der krummen Linien, die Kubirungen der Körper, die Beſtimmung der Mittelpunkte der Schwere u. dgl. betrafen. Er wandte die Lehre von der Summirung unendlicher Reihen, deren Glieder eine ſtetige Folge bilden, auf die Geometrie ausführlicher an, als es ſeit Cavaleri's Zeit von andern Geometern geſchehen war. Schon Cavaleri, Fermat, Descartes und Roberval hatten von der Geometrie des Untheilbaren Anwendungen auf eine allgemeine Quadratur aller Parabeln gemacht; Wallis aber breitete darüber erſt ein recht helles Licht aus. Die glückliche Bemerkung, die Nenner der Brüche als Potenzen zu betrachten, deren Exponenten negativ ſind, ſetzte ihn in den Stand, alle Figuren und Körper zu meſſen, deren Elemente ſich verkehrt wie jede Potenz der Abſciſſe verhalten. Varignon erläuterte noch manches dazu gehörige. Auch Lord Brounker, welcher im Jahr 1684 ſtarb, beſchäftigte ſich mit ähnlichen Gegenſtänden. Er war unter andern der erſte, welcher den Flächen-Inhalt einer Curve durch eine unendliche Reihe an der Hyperbel darſtellte. Eine bequemere Reihe fand um dieſelbe Zeit Nicolaus Mercator.

Barrow, gleichfalls ein Engländer, gab uns Jahr

1669 mehrere künſtliche Methoden an, Tangenten an krumme Linien zu ziehen. Sein dazu beſtimmtes differentiales Dreieck, eigentlich auf Fermatiſche Grundſätze geſtützt, iſt berühmt geworden. Auch hat er ſonſt noch manches Gute für die Geometrie geleiſtet.

§. 92.

Zwar hatte man bisher die Parabeln von allen Ordnungen quadrirt, aber noch nicht ihre Krümmungen beſtimmt. Indeſſen dachte man ſchon ſeit einiger Zeit auf Findung einer geraden Linie, die dem Umfange einer gegebenen krummen Linie an Länge gleich käme. Die Auflöſung dieſes Problems hatte noch immer viele Schwierigkeiten. Der berühmte niederländiſche Mathematiker Chriſtian Huyghens (gewöhnlich Hugenius genannt) gab darüber im Jahr 1657 in Briefen einige Auskunft. Sein Landsmann, van Hevrart, führte die Frage auf geometriſche Conſtructionen zurück, die etwas verwickelt waren, aber doch zuletzt eine ſehr ſchöne Entdeckung zur Folge hatten. Er fand nämlich, daß die zweite kubiſche Parabel, in welcher die Quadrate der Ordinaten ſich wie die Würfel der Abſciſſen verhalten, einer geraden Linien von gewiſſer Länge gleich iſt. Im Jahr 1659 wurde dieſe Entdeckung (in der zweiten Auflage des Schootenſchen Commentars über Descartes Geometrie) bekannt gemacht.

Mit bewunderungswürdiger Gewandheit und Schärfe rectificirte Huyghens, wie man aus ſeinem im Jahr 1673 herausgegebenen **Horologium oscillatorium** ſieht, krumme Linien, quadrirte er Oberflächen ꝛc. Eine ausnehmend große Entdeckung aber, welche wir ihm verdanken, iſt ſeine Theo-

rie der Evoluten, die man ebenfalls in jener Schrift dargeſtellt findet. Aus einer gegebenen krummen Linie bildet Huyghens dadurch eine andere Curve, daß er auf jene eine Reihe gerader Linien lothrecht zieht, welche die zweite Curve berühren müſſen; oder aus der zweiten gegebenen Curve conſtruirt er auf eben die Art die erſtere. Aus dieſer allgemeinen Vorſtellung leitete er eine Menge ſehr merkwürdiger Sätze ab; er wurde dadurch unter andern auch auf die beſondere Eigenſchaft der Cycloide geführt, daß ſie durch ihre Abwickelung eine ihr gleiche und ähnliche Cycloide, in umgekehrter Lage, erzeuge u. dgl. mehr. In gar vielen Theilen der Mathematik fand dies Alles die fruchtbarſte Anwendung. Die Diacauſtica, eine Art Ovale oder Ellipſe zweiter Gattung, womit ſich auch Descartes beſchäftigte, hatte Huyghens zuerſt betrachtet.

§. 93.

Der däniſche Aſtronom Römer entdeckte bei ſeinem Aufenthalte zu Paris im Jahr 1674 die Epicycloide, oder diejenige krumme Linie, welche ein Punkt im Umfange eines Kreiſes beſchreibt, der auf dem Umfange eines andern Kreiſes hinrollt. Er fand dieſe krumme Linie als die ſchicklichſte Form für die Zähne der Räder, und von der Zeit an fanden auch alle Mechaniker bis jetzt, daß ſie für die Zähne der Stirnräder die beſte ſey. Auch für die Geſtalt der Däumlinge oder Hebedaumen in Stampf-, Hammer- und andern Hebemühlen hat man ſie geſchickt gefunden.

Der Franzoſe de la Hire ſchrieb im Jahr 1694 eine ausführliche, aber ſehr verwickelte Abhandlung über die Epicycloide, ohne des Erfinders derſelben zu erwähnen. Auch

der Engländer Halley ſtellte über dieſe krumme Linie (ſowie über die Cycloide) manche ſcharfſinnige Unterſuchung an. Daſſelbe thaten, unter mancherlei Geſichtspunkten, Newton, Nicole, Hermann, Johann Bernoulli, Lezell, de l'Hopital u. A.

§. 94.

Mit dem Ende des ſiebzehnten Jahrhunderts begann für die Geometrie gleichſam eine neue Epoche. Die von Newton und Leibnitz erfundene Analyſis des Unendlichen führte die Geometrie auf einem neuen herrlichen Wege zur leichtern und allgemeinern Auflöſung gar vieler Aufgaben. Seit dieſer Zeit waren Geometrie und Analyſis (ſowie reine Mechanik und Analyſis) ſo genau mit einander verbunden, daß die Geſchichte der einen von dieſen Wiſſenſchaften auch in die Geſchichte der andern eingreift. Indeſſen behielt doch auch die Geometrie der Alten noch immer ihre Verehrer, vornehmlich in Italien und in England. So lieferten die Engländer noch immerfort vorzüglich gute Ausgaben der alten Geometer. So bearbeiteten ſie auch die Kegelſchnitte fleißig nach der Methode der Alten und zogen ſie mit zu dem Elementar-Unterricht u. dgl.

Die geometriſch-analytiſchen Schriften des Newton enthielten viele ſehr wichtige geometriſche Unterſuchungen, wodurch hauptſächlich die Theorie der krummen Linien an Vollſtändigkeit und Zuſammenhang ſehr viel gewann. Stirling, welcher Newtons Bemühungen im Jahr 1717 noch ergänzte, hatte denſelben Weg zu entdecken geſucht, den Newton eingeſchlagen hatte, um zu ſeinen großen Reſultaten zu gelangen.

§. 95.

Die von Newton eingeſchlagene Bahn verfolgten Bragelogne, Euler, Maclaurin, Cramer, Godin, Clairaut u. A. Maclaurin, welcher im Jahr 1746 ſtarb, bewieß nicht blos Newtons Sätze, ſondern erweiterte ſie auch noch ſehr beträchtlich, unter andern die Verfahrungsart, Curven zu beſchreiben. Eine beſonders feine Geometrie enthält das im Jahr 1742 zu Edinburg herausgekommene Hauptwerk des Maclaurin über Fluxionen.

Der berühmte franzöſiſche Mathematiker Clairaut verfaßte ſchon in einem Alter von ſechszehen Jahren ein vorzügliches Werk über krumme Linien von doppelter Krümmung. Seine darin vorkommenden höchſt ſcharfſinnigen, aber ſchwierigen Unterſuchungen benutzten Euler und andere große Mathematiker und Sternkundige zu manchen wichtigen aſtronomiſchen Theorien.

§. 96.

War auch Newtons Werk über die Principien der Naturwiſſenſchaft voll von mancherlei geometriſchen und geometriſch-mechaniſchen Unterſuchungen und Beſtimmungen, z. B. aus der Lehre von den Kegelſchnitten, von Epicycloiden, Spiralen ꝛc., ſo waren doch die Unterſuchungen und Entdeckungen des Leibnitz, dieſes im Jahr 1646 zu Leipzig gebornen und 1716 zu Hannover geſtorbenen großen Deutſchen, nicht minder wichtig, als die Newtoniſchen. Schon ſeine neue Rechnung des Unendlichen hatte einen außerordentlich wichtigen Einfluß, nicht blos auf Geometrie allein, ſondern auf alle mathematiſche Diſciplinen.

Die beiden Bernoulli traten zu Ende des ſiebzehnten

und zu Anfang des achtzehnten Jahrhunderts mit Glück und Ruhm in die Fußſtapfen des Newton und des Leibnitz. Sie machten ſich bald an die ſchwierigſten Unterſuchungen über mancherlei krumme Linien. Jacob Bernoulli unterſuchte die, unter andern zu Brückenbögen ſehr anwendbare, Kettenlinie auf verſchiedene Weiſe; auch fand er die Geſtalt eines vom Winde geſpannten Segels. Johann Bernoulli gab ſchon im Jahr 1696 die berühmte Aufgabe von der Linie des ſchnellſten Falls (Brachyſtochrona). Auch ſuchte er die Synchrona oder diejenige krumme Linie zu finden, die in einerlei lothrechten Ebene auf einer ſtetigen Folge von Cycloiden Bögen abſchneidet, welche insgeſammt von dem Anfangspunkte aus in einerlei Zeit durchlaufen werden. De l'Hopital hatte für die praktiſche Anwendung diejenige Curve gefunden, auf welcher ein Gewicht, mit einer Zugbrücke, vermöge einer Kette, in jeder Lage derſelben im Gleichgewicht bleiben müßte. Johann Bernoulli zeigte, daß dieſe krumme Linie die Epicycloide ſey.

§. 97.

Hatte Newton auch ſchon die Rectification der Epicycloiden gefunden, ſo wandten doch erſt die beiden Bernoulli's ſie auf die neue Analyſis an. De la Hire behandelte ſie noch nach der Methode der alten Geometer auf eine zu mühſame und verwickelte Art.

Leibnitz und Johann Bernoulli geriethen auch auf die Auflöſung von den rechtwinklichten Trajectorien, nämlich von denjenigen krummen Linien, die eine ſtetige Folge von Curven gleicher Art, wie ſie nach einem

gewiſſen Geſetze beſchrieben werden, unter einem rechten Winkel ſchneidet. Andere Aufgaben ähnlicher Art brachte mehrere Jahre ſpäter Nicolaus Bernoulli ans Licht. Sowohl Johann als Jacob Bernoulli hatten früher noch viele andere ſcharfſinnige geometriſche Fragen aufgeworfen und aufgelößt. Dabei waren freilich auch mehrere unhaltbare mit untergelaufen.

§. 98.

Euler ſtellte ähnliche geometriſche Aufgaben auf eine noch allgemeinere Art dar; und nach Euler erweiterte la Grange dieſelben noch viel mehr. Dadurch entſtand dann die ſeit einiger Zeit ſogenannte Variations-Rechnung. Auch der im Jahr 1716 geſtorbene Engländer Cotes hatte durch Hülfe der Analyſis manche ſchöne geometriſche Entdeckung gemacht, ſowie der Franzoſe Moivre, der Italiener Fagano und Andere.

Die zu dem Bau von Gewölben ſo anwendbare Lehre von dem Durchſchnitte der Oberflächen der Körper haben beſonders franzöſiſche Geometer entwickelt und mit neuen Entdeckungen bereichert, wie z. B. Derand, Jouſſe und Frezier. Monge fing mit vielem Glück an, die Theorie von den Durchſchnitten und Projectionen der Oberflächen der Körper, von den doppelt gekrümmten Linien und geradlinicht-krummen Flächen zu erweitern; und Lacroix ſetzte dieſe Theorie geſchickt und deutlich auseinander.

§. 99.

Sehr gute Geometer aus Leibnitzens Zeit waren de Witt und Hutte. Leibnitz beſuchte den Letztern

in Amſterdam bei ſeiner Durchreiſe; er rühmte ihn ſehr und verſicherte, daß er in ſeiner Methode der Tangenten weiter gegangen ſey als Sluſe, daß er auch ſeit dem Jahr 1662 von derjenigen Quadratur der Hyperbel gewußt habe, welche Mercator im Jahr 1667 bekannt machte. Er konnte ferner die Aufgabe löſen: eine krumme Linie durch ſo viele Punkte zu beſchreiben, als man nur will. Was er von der Wahrſcheinlichkeit des menſchlichen Lebens und von den Leibrenten geſchrieben hat, gehört freilich nicht in dieſen Abſchnitt. Die erſte abſolute Rectification einer krummen Linie entdeckte der Engländer Neil.

Sluſe hatte auch eine Methode erfunden, jede körperliche Gleichung auf unendlich verſchiedene Weiſe mittelſt des Kreiſes und der Kegelſchnitte zu conſtruiren. Auch Descartes war bei Conſtruction der kubiſchen und biquadratiſchen Gleichungen nicht weiter gegangen, als bis auf den Kreis und die Parabel.

§. 100.

Die Neilſche Rectification, d. h. die zuerſt von Wilhelm Neil gefundene Rectification einer krummen Linie (einer Parabel) wurde von Wren, Brounker u. a. beſtätigt. Wallis fand nachher, daß dieſe Parabel eine kubiſche ſey. Kurz darauf entdeckte Wren die Rectification der Cycloide nach einer Methode, welche von derjenigen des Wallis unabhängig war. Descartes hatte ſich nicht einmal daran gewagt. Nicht lange nachher machte van Hevrart nicht blos dieſelbe Entdeckung, ohne etwas von jenen engliſchen Entdeckungen zu wiſſen, ſondern er ging noch weiter und beſtimmte mehrere Parabeln, die ſich völlig rectificiren ließen. Die

Walliſsche Quadratur des Kreiſes gab auch zu einigen andern Erfindungen Gelegenheit, z. B. zu der Brounker'ſchen unendlichen Reihe für die Quadratur der Hyperbel. — So reiheten ſich Entdeckungen an Entdeckungen und machten das damalige Zeitalter für die Mathematik ſehr erfolgreich.

§. 101.

Was die Bereicherung der Lehre von den Kegelſchnitten in den neueren Zeiten betrifft, ſo haben ſich darin wohl zuerſt der Jeſuit Gregorius a Sancto Vincentio im Jahr 1647 und der berühmte Wallis im Jahr 1655 ausgezeichnet. In Frankreich ſchrieb de la Hire im Jahr 1685 ein ausführliches Werk über die Kegelſchnitte; und der Marquis de l'Hopital, welcher im Jahr 1707 die analytiſche Rechnung darauf anwandte, zeigte auf eine ſcharfſinnige Weiſe, wie die Kegelſchnitte zur Auflöſung beſtimmter und unbeſtimmter Aufgaben gebraucht werden können. De la Chapelle aber lehrte im Jahr 1755 ſehr deutlich die Verbindung der Theorie der Kegelſchnitte mit praktiſchen Anwendungen. Ein vorzügliches Werk darüber und über die krummen Linien überhaupt, lieferte Biot im Jahr 1802.

In England gab man ſich viel mit den Kegelſchnitten der Alten ab. Das Werk des Jacob Milnes vom Jahr 1702, eigentlich nach de la Hire bearbeitet, zeichnete ſich durch Ordnung und Deutlichkeit aus und wurde deswegen auch mehrmals wieder aufgelegt. Beſonders auch dasjenige, was, unter mehreren andern, Simſon im Jahr 1755 und Hutton im Jahr 1787 über Kegelſchnitte ſchrieben, verdiente den ihnen zu Theil gewordenen Beifall.

Die Deutſchen haben ſich weniger, wie die Franzoſen und

Engländer mit den Kegelſchnitten beſchäftigt. Indeſſen iſt doch das, was Bramer, Tempelhoff, Käſtner, Karſten, Rüdiger, Heinrich, Klügel u. a. darüber gelehrt und geſchrieben haben, aller Ehren werth.

§. 102.

Euclides hatte noch keinen allgemeinen Begriff von Aehnlichkeit gegeben; er ſetzte blos die zur Aehnlichkeit erforderlichen Beſtimmungen für jede Art von Größen beſonders feſt, z. B. für ähnliche geradlinichte Figuren und für ähnliche Körper. Den allgemeinen Begriff von Aehnlichkeit nahm der Freiherr von Wolf in die Mathematik zuerſt auf. Er war dazu von Leibnitz veranlaßt worden, der zuerſt einen deutlichen Begriff von Aehnlichkeit überhaupt gegeben hatte. Nicolaus Bernoulli, Euler u. a. haben jenen Begriff noch mehr befeſtigt.

Den berühmten pythagoriſchen Lehrſatz (§. 58.) hatte Euclides ſehr ſchön bewieſen; und noch immer findet man dieſen Euclid'ſchen Beweis in den meiſten mathematiſchen Lehrbüchern. Es ſind aber bis auf die neueſte Zeit viele andere Beweiſe geliefert worden, die zum Theil noch einfacher oder ſinnreicher ſind, als der Euclid'ſche.

§. 103.

Die Lehre von den Parallellinien iſt von jeher einer beſondern Aufmerkſamkeit gewürdigt worden, weil man ſie noch immer nicht für feſt begründet hielt. Schon im Jahr 1763 führte Klügel acht und zwanzig verſchiedene Beweiſe von jener Lehre auf, und noch ſehr viele kamen in der Folge dazu. Die allerneueſten ſind von Schwab, Metternich und Burger. Der Metternich'ſche iſt beſonders ausgezeich-

net, wenn er auch, wie alle, noch manches zu wünſchen übrig läßt. Hoffmann lieferte im Jahr 1807 eine Kritik der Parallel-Theorie, freilich nicht in der beſten Ordnung.

Der Grundſatz des Euclides über den Parallelismus war immer die Richtſchnur für die Beweiſe der ältern Geometer, und iſt es auch jetzt noch bei vielen. Schulz in Königsberg, das Mangelhafte der Methode des Euclides einſehend, ſchlug einen Beweis aus der Analyſis des Unendlichen vor, der zwar nicht für Anfänger geeignet, aber ſinnreich war. Er ſcheint nicht viel beachtet worden zu ſeyn. Auch konnten ihm allerdings mehrere der neueren Beweiſe vorgezogen werden.

Dritter Abſchnitt.

Die Geſchichte der praktiſchen Geometrie insbeſondere.

§. 104.

Man kann leicht denken, daß die praktiſche Geometrie oder Feldmeßkunſt (eigentlich wohl zur angewandten Mathematik gehörig, gewöhnlich aber mit zur reinen Mathematik gerechnet) die Fortſchritte mitmachte, welche nach und nach die übrigen Theile der Mathematik thaten. Beſonders hatte die Erweiterung und Vervollkommnung der theoretiſchen Lehren der Geometrie vielen Einfluß auf die Vervollkommung der Feldmeßkunſt. Aber auch manche Lehren der Phyſik wirkten wohlthätig auf die praktiſche Geometrie, ſowie hauptſächlich die Vervollkommnung der praktiſchen Handarbei-

ten in der Werkſtatt des Mechanikus, welcher dem Feldmeſſer die Inſtrumente liefert.

Schon die alten Geometer und Aſtronomen hatten mancherley Inſtrumente zum Horizontal= und Vertikalrichten von Ebenen, zum Meſſen gerader Linien auf dem Felde und auf dem Papiere, zum Winkelmeſſen und zum Winkel=Auftragen auf Papier u. dgl., wie z. B. Setzwaagen, Zirkel, Meßſtangen, Maaßſtäbe, Transportörs, eingetheilte ganze, halbe und viertels Kreiſe (Aſtrolabia und Quadranten) u. ſ. w. So beſchreibt ja Ptolemäus ſchon Werkzeuge, welche unſeren Aſtrolabien ähnlich ſind. Aber dieſe Inſtrumente waren damals noch ziemlich roh und unvollkommen, beſonders was die Theilung der Winkelmeſſer betraf. Auch ging es in der Folge nur langſam mit den Verbeſſerungen, weil die mechaniſchen Künſte noch ſehr zurück waren. Zwar gaben ſich im fünften Jahrhundert Syneſius und Cyrenäus, im eilften Jahrhundert Johannes Campanus und Hermannus Contractus, im zwölften der engliſche Mönch Athelardus viele Mühe um die Vervollkommnung ſolcher Inſtrumente. Indeſſen kamen doch vor dem ſechszehnten Jahrhundert keine recht weſentliche Verbeſſerungen zum Vorſchein.

§. 105.

Im ſechszehnten und zu Anfange des ſiebzehnten Jahrhunderts wurden die Aſtrolabia, Quadranten, Sextanten und andere Winkelmeſſer, wie nicht blos der Feldmeſſer allein, ſondern auch der Aſtronom ſie nöthig hatte, von Peter Apian, Gemma Friſius, Tycho de Brahe und Faulhaber verbeſſert, ſelbſt auf mannigfaltige und kunſt=

reiche Art zuſammengeſetzt. Mehrere Jahre nachher machte ſich der Engländer Gunter um die Vervollkommnung ſolcher Werkzeuge verdient. Aber erſt durch die Erfindung des Nonius oder Vernier (§. 79.) erhielten ſie einen beſonders bemerkenswerthen Grad von Vollkommenheit.

Je größer der Durchmeſſer oder Halbmeſſer, folglich auch der Umfang eines Winkelmeſſers iſt, deſto größer iſt der Raum, welchen jeder einzelne Grad einnimmt und in deſto mehr noch kleinere Theile (Minuten und Sekunden) kann ein ſolcher Grad noch eingetheilt werden. Denn jeder ganze Kreis wird in 360 gleiche Theile oder Grade, jeder halbe in 180, jeder Quadrant in 90, jeder Sextant in 60 ꝛc. Grade eingetheilt, ſein Durchmeſſer mag ſo groß oder ſo klein ſeyn, als er will. Wahrſcheinlich gründet ſich jene ſchon ſehr alte Eintheilungsart auf eine alte Eintheilung der Sonnenbahn in 360 gleiche Theile, weil es ſchien, als wenn die Sonne jeden Tag um einen ſolchen Theil ihrer Bahn fortrückte.

§. 106.

Wenn aber der Kreis einen großen Durchmeſſer oder Halbmeſſer hat, ſo koſtet er mehr, beſonders wenn er aus Metall verfertigt iſt; und weil er dann auch ein größeres Gewicht beſitzt, ſo iſt er auch ſchwerer zu transportiren und zu behandeln. Deswegen waren die Erfindungen ſehr erwünſcht, wodurch man bei ſolchen Winkelmeſſern von kleinern Durchmeſſern einzelne Grade doch bequem in kleinere Theile zu theilen vermochte.

So theilte Nonius (Nunez) einen Viertelskreis (einen Quadranten) in 90, einen andern concentriſchen in 91, einen dritten in 92 u. ſ. f. gleiche Theile. Alsdann nahm

eine Abtheilung von dem letztern $1\frac{1}{90}$ Grad ein, zwei Abtheilungen nahmen $1\frac{2}{90}$ Grade ein, u. ſ. w. Da aber ſolche Theilungen noch unbehülflich waren, leicht Unſicherheit und Verwirrung bewirken konnten, ſo war die Eintheilung des Peter Vernier noch viel bequemer und beſſer. Dieſer ſetzte nämlich mit dem Inſtrumente ſolche concentriſche Kreisbögen mit Noniusſchen Abtheilungen in Verbindung, die man fortſchieben konnte und die den Geſichtskreis beſtändig begleiteten. Sie ſchnitten nun ebenfalls einzelne Theile von Graden ab. — Auf geradlinichte Maaßſtäbe wurde dieſe Vorrichtung gleichfalls (§. 79.) angewendet.

§. 107.

Vor dieſer Erfindung konnte man die beſten Winkelmeſſer nur bis auf Sechstheile des Grades eintheilen. Mittelſt der Erfindung des Vernier aber vermochte man die Eintheilung und Abzählung bis auf halbe Minuten, ja ſogar bis auf fünf Sekunden genau zu bewerkſtelligen. Stevin zu Utrecht war einer der erſten nach Vernier, der dieß nach Hebräus Vorſchlage in Ausführnng brachte. Ihm folgte ſein Landsmann Gutſchoven.

Nach ein Paar Jahren, nämlich um's Jahr 1674, hatte man den Vernier, vielleicht abſichtlich, ſchon ſo vergeſſen, daß man die Erfindung des beweglichen Bogens dem Hebräus zuſchreiben wollte. Man fand aber doch auch bald wieder, daß man Unrecht hatte. Und nun erſt fingen viele Künſtler an, von Verniers Erfindung, nicht blos zu Winkelmeſſern, ſondern auch zu andern Inſtrumenten mit geradlinichten Skalen Gebrauch zu machen. Die Unvollkommen-

heiten anderer Stücke der Inſtrumente ſtimmten freilich oft nicht mit einer ſo genauen Eintheilung überein.

§. 108.

Wenn ſich auch im ſiebzehnten Jahrhundert viele geſchickte Männer alle Mühe gaben, die Winkelmeſſer gut zu bearbeiten, ſo waren dieſe doch immer noch plump und unvollkommen, verglichen mit unſeren jetzigen ſchönen Inſtrumenten. Nach dem damaligen Zuſtande der mechaniſchen Künſte konnte man ſie nicht beſſer erwarten. Hauptſächlich fehlte es noch an einer ſehr genauen Eintheilung und an der Feinheit der Theilſtriche, wodurch ſich unſere jetzigen Winkelmeſſer ſo ſehr auszeichnen.

Eine ſolche Vollkommenheit erhielten die Winkelmeſſer erſt in der letzten Hälfte des achtzehnten Jahrhunderts, hauptſächlich durch den Fleiß und die große Geſchicklichkeit der Engländer Ramsden, Bird, Troughton und Hutton, und der Deutſchen Brander, Baumann, Reichenbach, Breithaupt und Tiedemann. Bei den Inſtrumenten dieſer Männer waren die Theilſtriche oft ſo fein, daß ſie ſich ſchwer mit bloßen Augen erkennen ließen. So konnte z. B. Brander in Augsburg eine Linie ($\frac{1}{12}$ Zoll) in 200 gleiche Theile theilen. Solche feine und akkurate Theile konnte man freilich nur mit der äußerſten Geſchicklichkeit vermöge Stangen- und Federzirkel zum Vorſchein bringen; leichter und beſſer ging es mit kunſtreichen Theilſcheiben oder Theilmaſchinen, wie de Chaulnes, Fontana, Ramsden, Reichenbach, Breithaupt und andere ſie erfanden.

§. 109.

Vortrefflich zu größeren Ausmeſſungen waren die von

Hadley erfundenen, von Borda, Tobias Mayer, Brander, Ramsden u. a. verbeſſerten Spiegelſextanten, die mit ungemeiner Genauigkeit und Schönheit verfertigt wurden, ſowie die in der neuern Zeit erfundenen Theodoliten, Repetitionskreiſe u. dgl. von Ramsden, Adams, Reichenbach, le Noir und andern. Sowohl bei ſolchen vorzüglichen Werkzeugen, als auch bei gewöhnlichen zu größern Arbeiten beſtimmten Winkelmeſſern (Aſtrolabien) war es nöthig, ſtatt der gewöhnlichen zum Viſiren dienenden Dioptern (Abſehen) Fernröhre zu nehmen, in deren Axe ganz dünne Fäden ausgeſpannt ſind. Durch gute Mikrometerſchrauben, die man in der neuern Zeit zu einer bewunderungswürdigen Vollkommenheit brachte, erhielt man dabei ſo kleine Unterabtheilungen, wie man ſie weder durch Transverſallinien, noch durch den Vernier erhalten konnte.

Der Kompaß oder die Bouſſole, welche der Neapolitaner Flavio Gioja im Jahr 1302 (zum Seegebrauch) erfunden haben ſoll, wurde erſt in neuern Zeiten, mit Dioptern verſehen, zum Feldmeſſen angewendet. Stegmann, Brander, Höſchel u. a. verbeſſerten dieſes Inſtrument vorzüglich für die Anwendung zur praktiſchen Geometrie.

§. 110.

Ein ſehr einfaches und nützliches Werkzeug für den Feldmeſſer iſt das Meßtiſchchen, welches der im Jahr 1616 geſtorbene Altdorf'ſche Profeſſor Johann Prätorius erfunden haben ſoll. Marinoni verbeſſerte das Meßtiſchchen im Jahr 1752. Vorzüglich brauchbar war der im Jahr 1772 von dem berühmten Augsburgiſchen Mechanikus Brander

erfundene ſogenannte Univerſalmeßtiſch; ſowie Hogreve in Hannover um's Jahr 1773, und Bugge in Kopenhagen um's Jahr 1798 allerley Verbeſſerungen mit dieſem Werkzeuge trafen, wodurch es zuſehends an Brauchbarkeit gewann.

Selbſt die Mittel, den Meßtiſch durch Nuß und Schrauben, beſonders durch letztere, horizontal zu ſtellen, ſowie die Mittel, dieſen Stand zu jeder Zeit zu prüfen, wie Magnetnadel, Waſſerwaage und unter dem Tiſche angebrachte Verſicherungsdioptern, ſind, ſehr weſentlich zu einer ſichern Meſſung, beſonders in der neuern Zeit ſehr wohl beachtet worden.

§. 111.

Die Zollmannſche Scheibe war vornehmlich in der Mitte des achtzehnten Jahrhunderts ein berühmtes Feldmeſſer-Inſtrument. Zollmann hat ſie eigentlich nicht erfunden, ſondern im Jahr 1744 nur bedeutend verbeſſert; ſie exiſtirte ſchon zu Anfange des ſiebzehnten Jahrhunderts. Die Kreuzſcheibe oder das Meßkreuz (eine Vorrichtung mit geraden Linien, die ſich rechtwinklicht durchkreuzen, und mit Dioptern) gehört zu den einfachſten, noch immer häufig angewandten Meß-Werkzeugen. Auch der von Tobias Mayer angegebene Recipiangel iſt ſehr brauchbar und empfiehlt ſich beſonders durch Einfachheit und bequemen Gebrauch.

Der Jacobsſtab, das geometriſche Quadrat, Kirchers Pantometer, Zublers Inſtrument zum Grundlegen einer Landſchaft, Zublers Scheibeninſtrument, und einige andere ältere Feldmeſſerwerkzeuge, wie man ſie unter andern ſchon vor ungefähr hundert

Jahren in Bion's mathematiſcher Werkſchule beſchrieben findet, werden in neueſter Zeit wohl nicht leicht mehr angewendet. Selbſt Branders dioptiſcher Sector vom Jahr 1769, der zu größern Arbeiten beſtimmt war, wird heutiges Tages nur ſelten gebraucht. Intereſſant iſt es immer, die verſchiedenen ältern Inſtrumente aus Bion, ſowie aus den Schriften des Levinus Hulſius in Frankfurt vom Jahr 1604, des Caſpar Waſer in Baſel vom Jahr 1607, des Heinrich Hofmann in Marburg vom Jahr 1612, und um dieſelbe Zeit auch des Franz Ritter in Nürnberg u. a. kennen zu lernen.

§. 112.

Unter Waſſerwaage, Nivellirwaage, Libelle verſteht man eine ſolche Vorrichtung, wodurch man, mittelſt der Oberfläche einer in einer Röhre oder einem kleinen ſchmalen röhrenartigen Kaſten eingeſchloſſenen geringen Quantität Waſſers den horizontalen Stand einer Linie erfahren und ſomit auch den Unterſchied in den Erhebungen verſchiedener Oerter über der wahren Horizontallinie, ſowie die Ungleichheiten des Bodens, beſtimmen kann. Es giebt aber auch ſolche Waſſerwaagen, und zwar diejenigen, welche zum Horizontal-Stellen eines Meßtiſchchens oder einer andern ebenen Fläche dienen, wo in dem Waſſer eine kleine Luftblaſe ſich befindet, aus deren genauer Lage über der Mitte des Waſſers man den horizontalen (waſſergleichen) Stand der Ebenen erforſcht.

Erſt gegen Ende des ſiebzehnten Jahrhunderts ſcheint das Waſſerwägen oder Nivelliren mit ſolchen Inſtrumenten (welches auch für den Waſſerbaumeiſter von großem Nutzen iſt), vornehmlich durch Picard im Jahr 1684 und

durch Ballet im Jahr 1688 aufgekommen zu ſeyn. Picard ſchrieb ſchon damals ein gutes Buch darüber, welches auch in fremde Sprachen, in's Deutſche von Paſſavant und ſpäter von Lambert, überſetzt wurde.

§. 113.

Die Kunſt des Nivellirens wurde nach und nach vervollkommnet, ſowie auch neue, zum Theil beſſere, Waſſerwaagen erfunden wurden. Das zeigen namentlich die Schriften des Sturm vom Jahr 1715, des de la Hire vom Jahr 1750, des le Febûre vom Jahr 1753, des Meiſter vom Jahr 1776, des Müller vom Jahr 1792, des Hogreve vom Jahr 1800, des Mönnich von demſelben Jahre, und des Gilly vom Jahre 1801.

Neue Waſſerwaagen erfanden unter andern der Holländer Huyghens, der Schwede Eckſtröm, die Deutſchen Brander, Kühn und Breithaupt, die Engländer Leigh, Siſſon und Keir, die Franzoſen Couplet und Verjus. Manche, wie z. B. diejenigen von Keir und Breithaupt, ſind Queckſilberwaagen, weil Queckſilber dieſelben Dienſte leiſten kann, wie Waſſer, und in Vergleich mit dieſem noch Vorzüge beſitzt. — Die im Jahr 1758 von Roth erfundene Bergwaage kann vorzüglich dienen, das abwechſelnde Steigen und Fallen in bergigten Gegenden anzugeben und in einen Riß zu bringen.

§. 114.

Beim Meſſen ſelbſt wurden nach und nach mehrere Vortheile erfunden, wodurch die praktiſche Geometrie einen höhern Grad von Vollkommenheit erhielt. Solche Vortheile lernt man vorzüglich kennen in Johann Tobias Mayers

praktiſcher Geometrie, dem Hauptwerke über die Feldmeßkunſt. So gab der berühmte Tobias Mayer, der Vater jenes noch lebenden trefflichen Göttingiſchen Mathematikers, im Jahr 1752 eine neue Methode an, Winkel auf dem Felde auch mit unvollkommenen Werkzeugen ſehr genau zu meſſen, wie ſie in jener praktiſchen Geometrie ſeines hochverdienten Sohnes beſchrieben iſt. So wurden die Mikrometer, wodurch man die ſcheinbaren Größen mancher Gegenſtände mißt, vornehmlich durch Brander ſehr vervollkommnet. So lehrte Hogreve einen vorzüglichen Gebrauch der Magnetnadel zur topographiſchen Aufnahme eines Landes. So wurde der bei großen Landesvermeſſungen und Erdgrad-Ausmeſſungen üblichen ſogenannten Triangularmethode und der Bildung von Dreiecknetzen überhaupt, die ſchon in der erſten Hälfte des achtzehnten Jahrhunderts den Erdmeſſern Clairaut, Bouguer, Maupertuis und andern viel verdankte, in der neuern Zeit von Mayer, Bugge, Bohnenberger immer mehr Genauigkeit verſchafft. Man lernte Standlinien, beſonders große Standlinien, mit mehr Leichtigkeit und Genauigkeit meſſen. Man erfand Inſtrumente, Weiten aus einem Stande gut zu meſſen, wie z. B. dasjenige von dem Grafen Pacecco ob Ucedos im Jahr 1767, und dasjenige von dem Dänen Ahl im Jahr 1793. Manche Schwierigkeiten bei Vermeſſung von Wäldern (die man meiſtens aus dem Umfange derſelben entwerfen muß), von Städten, von Seen, Flüſſen, Bergen u. dgl. wurden immer mehr und ſicherer beſeitigt, ſo, daß jetzt auch in dieſer Hinſicht die praktiſche Geometrie auf einer hohen Stufe von Vollkommenheit ſteht.

Digitized by Google

§. 115.

Die ſogenannten Wegmeſſer und Schrittzähler (Odometer und Pedometer) werden auch bisweilrn als Meßwerkzeuge benutzt. Dieſe aus mehreren Rädern und Getrieben zuſammengeſetzten Werkzeuge kommen durch den Gang eines Menſchen oder durch den Lauf eines Fuhrwerks in Umtrieb, zählen dann die Schritte des Menſchen oder die Umläufe eines Wagenrades und meſſen auf dieſe Art zurückgelegte Wege.

Schon der römiſche Baumeiſter Vitruv beſchrieb einen ſolchen Wegmeſſer. Dieſer war freilich gegen die unſrigen unvollkommen; denn in der neuern Zeit ſind gar viele Verbeſſerungen damit vorgenommen worden. Im fünfzehnten Jahrhundert gab es ſogar ſchon Wegmeſſer, womit man den zurückgelegten Weg eines Schiffes maß, und im ſechszehnten Jahrhundert auch ſolche, wobei ein Hammer durch Schlagen an eine Glocke die Umläufe des Rades andeutete und zugleich eine Vorrichtung ſich befand, welche die Länge des Weges auf ein Papier verzeichnete. Damals machten ſich vornehmlich die Augsburger Martin Fenhel und Chriſtoph Schißler durch die Verfertigung guter Wegmeſſer bekannt. Gegen Ende des ſiebzehnten Jahrhunderts brachten der Engländer Buterfield, zu Anfange des achtzehnten Jahrhunderts die Franzoſen Saveux, Meynier und Outhier, ſowie der Deutſche Zürne, neue Arten von Odometern zum Vorſchein. Zu Ende des achtzehnten Jahrhunderts fand man unter andern die Wegmeſſer von Holfeld und von Catel in Berlin, und von Klindworth in Göttingen vorzüglich gut und brauchbar.

§. 116.

Eine eigne Art, Entfernungen zu meſſen, iſt diejenige mittelſt des Schalls. Schon zu Anfange des ſiebzehnten Jahrhunderts ſtellte Gaſſendi Verſuche über die Geſchwindigkeit der Schall-Fortpflanzung an. Merſenne, Roberval, Caſſini, Huyghens, Picard, Römer, Boyle, Derham, Flamſtead, Maraldi, de la Caille, Condamine u. a. thaten dies gleichfalls.

In den neuern Zeiten konnte man dies mit Hülfe der Tertienuhren noch genauer verrichten, indem man mittelſt derſelben die Zeit in Erfahrung brachte, welche der Schall eines Feuergewehrs (z. B. einer Kanone) gebrauchte, um eine gewiſſe abgemeſſene Strecke zurückzulegen. Da fand ſich denn im Mittel, daß der Schall in einer Sekunde Zeit ſich durch 1040 Fuß verbreitete. Wußte man dies, ſo konnte man auch umgekehrt aus der Zeit, welche der an einem gewiſſen Orte entſtehende Schall (z. B. in einer belagerten Feſtung, auf einem Schiffe ꝛc., auch der Donner am Himmel) bis zu einem Ohre hin gebrauchte, die Entfernung dieſes Ohres von jenem Orte beſtimmen.

§. 117.

Beſondere Schwierigkeiten hatte das Verfahren, die Höhe einer Wolke, einer Feuerkugel oder eines andern Meteors zu meſſen. Schon Jacob Bernoulli that im Jahr 1688 Vorſchläge zu einer Höhenmeſſung der Wolken, die ſich auf die Farben-Veränderung der letztern, vom Sonnen-Untergange an, bezog. Aber dieſe Methode war ſehr unſicher und unvollkommen, ſowie alle folgende Verfahrungsarten, wie ſie im Jahr 1754 de Mairan, im Jahr 1764 Bergmann

und Silberſchlag, im Jahr 1771 le Roy, und im Jahr 1802 Benzenberg bekannt machten, gleichfalls noch manches zu wünſchen übrig ließen.

Anwendbarer und wichtiger war die Erfindung, Höhen, z. B. Höhen von Bergen, mit dem Barometer zu meſſen. Torricelli hatte (im J. 1643) kaum das Barometer erfunden, als auch ſchon Pascal die Vermuthung äußerte, daß das Queckſilber in dieſem Inſtrumente auf größerer Höhe immer weiter herabſinken müſſe, und zwar in einem gleichförmigen Verhältniſſe mit der Höhe. Sein Schwager Perrier beſtätigte dies im Jahr 1648 durch wirkliche Verſuche, die er mit dem Barometer anſtellte. Nachdem ohngefähr 20 Jahre ſpäter der berühmte Mariotte das Geſetz entdeckt hatte, daß ſich die Dichtigkeit der Luft wie die Kraft verhält, womit ſie zuſammengedrückt wird, ſo gab dies zu Regeln für Höhenmeſſungen mit dem Barometer Veranlaſſung. De la Hire, Halley, Horrebow, Bouguer, Maraldi, Maskelyne, de Lüc, de Sauſſüre, Zimmermann, Roſenthal, Hennert, Mayer, Gerſtner, Benzenberg u. A. beſtätigten dieſe Regeln, nur mit manchen Abänderungen und Berichtigungen. Die Regel des de Lüc, welcher ſo viele und genaue Verſuche angeſtellt hatte, wurde vorzüglich geachtet und mit Nutzen angewendet. Nach ihm entſpricht die Verminderung oder Vermehrung der Queckſilberſäule im Barometer um eine Linie einer vertikalen Höhen-Differenz von 75 Pariſer Fuß. Unter dem Namen Reiſebarometer waren zum Behuf der Höhenmeſſung eigene Barometer erfunden worden, worin das Queckſilber durch die Bewegung, durch Schütteln und Rütteln nicht in Unordnung kommen konnte.

§. 118.

Zum Höhenmeſſen der Bäume erfand man eigene Inſtrumente, Baummeſſer oder Dendrometer. Die Engländer Whittel und Duncombe, die Deutſchen Jung, von Burgsdorf, Höſchel und Späth und einige andere brachten dergleichen, vornehmlich zum Nutzen der Forſtleute, ans Licht.

Die Deutſchen, die überhaupt in der Meßkunſt ſich auszeichneten, waren auch in der ſogenannten unterirdiſchen Geometrie oder Markſcheidekunſt, die man mit zu den Bergwerkswiſſenſchaften rechnet, Vorgänger und erſte Lehrer der übrigen neuern Völkern. Das beweiſen ja die beiden älteſten Schriftſteller über die Markſcheidekunſt: Agricola und Reinhold. Letzterer wandte dabei ſchon im Jahr 1574 Trigonometrie an. Auch waren ſchon Quadrant und Compaß ſeine Hauptinſtrumente.

§. 119.

Von jeher war es auch eine wichtige, häufig vorkommende Aufgabe in der Feldmeßkunſt: von irgend einem gegebenen Stücke Land einen verlangten Theil abzuſchneiden, oder das Land ſelbſt in mehrere Theile einzutheilen, entweder von gleicher Größe oder nach einem gegebenen Verhältniß, durch Rechnung allein oder durch Zeichnung, oder durch Verbindung von Rechnung und Zeichnung. Schon im funfzehenten Jahrhundert hat dazu Lucas de Burgo eine brauchbare Anleitung gegeben, ſowie von andern ältern Geometern Stevin und Clavius. Die ſpätere Methode des Franzoſen Ozanam erhielt vielen Beifall. Auch Tobias Mayer und Euler haben es der

Mühe werth gehalten, über die Theilung von Figuren Vorſchriften zu geben. Für ganz praktiſche Feldmeſſer waren die Theilungsmethoden des Vollimhaus vom Jahr 1773, des Schulze vom Jahr 1782, des Schleicher vom Jahr 1793, des Böhm und Cammerer vom Jahr 1797 und des Bugge vom Jahr 1798 von großem Nutzen.

§. 120.

Figuren, die man auf dem Felde gemeſſen hat, im Kleinen auf Papier zu bringen, dazu iſt der verjüngte (gewöhnlich tauſendtheilige) Maaßſtab ſehr nützlich. Als Erfinder dieſes Maaßſtabes mit Transverſallinien nennt man Johann Hommel, Profeſſor der Mathematik zu Leipzig, von welchem im Jahr 1553 Tycho de Brahe ihn kennen lernte.

Der Storchſchnabel, ein bekanntes Werkzeug zum Verjüngen, wurde von Marinoni auch zu geometriſchem Gebrauch vorgeſchlagen. Eben dazu giebt es aber auch eigne Verjüngungszirkel. Zum bloßen Kopiren von Grundriſſen erfand der berühmte von Reichenbach in München ein eignes Inſtrument, welches er Pantograph nannte. Ueberhaupt giebt es zu ſolchen Zwecken noch verſchiedene andere Verfahrungsarten, wie man ſie in Johann Tobias Mayers praktiſcher Geometrie aufgeführt findet. Riſſe und Situationskarten zu zeichnen, lehrten z. B. Müller im Jahr 1778, Landerer im Jahr 1783, Lehmann, Kratzenſtein und Schleicher im Jahr 1799 u. a.

§. 121.

Der Proportionalzirkel, womit man in kurzer Zeit mancherley Aufgaben aus der Lehre von den Proportio-

nen theils auf eine geometriſche, theils auf eine mechaniſche Art aufzulöſen im Stande iſt, beſteht aus zwei um ein Scharnier beweglichen, mit verſchiedenen, wohl 14 bis 16, eingetheilten geraden Linien verſehenen Linialen, welche, zuſammengelegt, eine parallele Lage haben, unter jedem Winkel geöffnet werden können und in dieſer geöffneten Lage ein gleichſchenklichtes Dreieck bilden, deſſen Spitze in dem Mittelpunkte des Scharniers ſich befindet.

Man ſchreibt die Erfindung des Proportionalzirkels dem Guido Ubaldo um's Jahr 1568 zu, obgleich nach andern Erzählungen Fabricius Mordente ihn ſchon im Jahr 1554 erfunden haben ſoll. Daniel Speckle in Straßburg hat ihn im Jahr 1589 zuerſt beſchrieben; ſpäter Thomas Hood in London im Jahr 1598. Und doch tritt erſt im Jahr 1607 der Mailänder Balthaſar Capra auf, der ihn im Jahr 1597 erfunden haben will. Verändert kann er ihn haben. Einen Proportionalzirkel nach der gegenwärtigen Form beſchrieb Clavius zu Rom im Jahr 1604.

Galilei machte um's Jahr 1606 einen Proportionszirkel bekannt. Auch hatte vor dem Jahr 1604 Juſt Byrgius ein ſolches Werkzeug erfunden, welches ſehr ſinnreich und künſtlich war. Das aus einem einzigen Liniale beſtehende von Metius, welches dieſer im Jahr 1623 an's Licht brachte, kam demjenigen des Galilei nicht gleich, welches Goldmann im Jahr 1656 noch mit einem Kreisbogen zum Winkelmeſſen verſah. Metius Inſtrument war eigentlich kein Zirkel, ſondern nur ein Proportional=Lineal. Beſondere Arten von Proportionalzirkeln aus dem 17ten Jahrhundert ſind noch diejenigen des Borgis, des Bernegger,

des Bramer u. a. Im achtzehnten Jahrhundert haben Mallet, de Chales, Scheffelt, Scheibel und Lambert über den Proportionalzirkel geſchrieben. Wenn er auch für ſolche Praktiker, die im Rechnen und in geometriſchen Conſtruktionen nicht geübt ſind, von großem Nutzen ſeyn kann, ſo iſt er doch in der neueſten Zeit, wo ſo manche Vortheile auf andern Wegen gefunden wurden, weniger gebraucht worden, als vor fünfzig und hundert Jahren.

§. 122.

Manche Maaße, wie wir ſie beſitzen, hatten die Alten ſchon; das beweiſen ja die lateiniſchen Benennungen **Pes, Digitus, Palmus, Cubitus** u. ſ. w. Es war auch natürlich, daß man Theile des menſchlichen Körpers, wie den Fuß, die Fingerbreite, ein Fingerglied, zu Maaßen benutzte. Die Deutſchen nannten ſchon vor vielen Jahrhunderten den Fuß Schuh, weil die Meſſung mit den Füßen, wo man, um die Länge einer Linie zu beſtimmen, immer einen Fuß an den andern ſetzte, nicht ohne Schuh geſchah. Da aber ſowohl die Länge der Füße auch an erwachſenen Menſchen, ſowie die Länge der Schuhe, ſo verſchieden ſind, ſo war es kein Wunder, daß auch die Fußmaaße in den verſchiedenen Ländern von jeher ſo verſchieden ausfielen.

So nannte man ſchon lange mehrere, etwa zehn bis ſechszehn, an einander geſetzte Füße oder Schuhe eine Ruthe, weil man ſie an eine gerade Stange verzeichnete. Die Ruthe ſelbſt wurde (wie es z. B. Kübel in ſeinem Buche über Feldmeſſen vom Jahr 1616 beſtimmt) in mehreren Gegenden auf folgende Art in ſechszehn gleiche Theile oder Schuhe eingetheilt. Es mußten ſechszehn Mann, kleine

und große, ohngefähr wie diejenigen, welche nach einander aus der Kirche gehen, ein Jeder vor den andern einen Schuh ſtellen. Da nun die Größe der Schuhe dieſer Menſchen verſchieden iſt, ſo theilte man die Länge aller in gerader Linie an einander geſtellter Füße der 16 Männer, die Ruthe, in 16 gleiche Theile, um einen Schuh zu bekommen.

§. 123.

Die gewöhnlichen Maaßſtäbe mit dem wirklichen natürlichen Maaße (Ruthen, Fußen, Zollen und Linien) haben auch in Hinſicht des Materials, woraus man ſie verfertigt, manche Beachtung gefunden. Die dauerhafteſten und beſten, welche auch am leichteſten mit feinen Theilſtrichen verſehen werden können, ſind die metallenen (meſſingenen oder eiſernen). Aber die metallenen Stäbe verlängern ſich in der Wärme und verkürzen ſich in der Kälte, und zwar um ſo mehr, je höher der Grad der Wärme oder Kälte iſt. Und dadurch kommen natürlich in dem Maaße ſelbſt Unrichtigkeiten hervor, welche bei Meſſungen, die eine ſehr große Schärfe erfordern, zu Fehlern Anlaß geben. Dieſe werden bei großen Maaßſtäben beſonders merklich. So fand ſchon Condamine, daß ein eiſerner Maaßſtab von 6 Pariſer Fuß Länge ſich ohngefähr um $\frac{1}{87}$ einer Linie verlängert, wenn die Wärme nach dem Reaumürſchen Thermometer nur um 1 Grad zunimmt. Man kann alſo leicht berechnen, wie viel die Verlängerung betragen würde, wenn die Wärme um 8, 10 oder mehr Grad wüchſe.

Befeſtigte man einen großen Maaßſtab mit einer tüchtigen Schraube nur mit ſeinem einen Ende an eine ſteinerne Wand, und brächte man an dem andern Ende einen Vernier

an, ſo könnte man daſelbſt die Größe des Verlängerns und Verkürzens wahrnehmen. — Bei ganz trocknen hölzernen Maaßſtäben, woran man durch einen guten Firniß auch das Einziehen von Feuchtigkeiten verhütete, würde die Veränderung durch die Temperatur nur äuſſerſt gering ſeyn.

§. 124.

Es iſt wirklich ein Uebelſtand und erſchwert manche mathematiſche Beſtimmungen, daß die Maaße, vornehmlich die Längenmaaße, der verſchiedenen Länder ſo verſchieden ſind. Welch einen großen Vortheil würde dagegen ein allgemein übereinſtimmendes Längenmaaß gewähren? Schon Chriſtoph Wren, Picard, Huyghens, du Fay, Bouguer und Condamine haben deshalb Vorſchläge gethan, die Länge eines Sekundenpendels zu einem ſolchen allgemeinen Maaße anzuwenden. Picard meinte, man ſolle den dritten Theil des Sekundenpendels für eine Sekunde mittlerer Zeit zu einem allgemeinen Fuße nehmen. Aehnlicher Meinung war auch Huyghens. Beide wußten noch nicht, daß die Länge des Sekundenpendels (welches 60 Schwingungen in der Minute oder 3600 in der Stunde macht) in den verſchiedenen geographiſchen Breiten, wegen der ſphäroidiſchen Geſtalt der Erde, immer etwas verſchieden ausfällt. Deswegen ſchlug de la Condamine zuerſt vor, die Sekundenpendel-Länge unter dem Aequator als Norm für das Längenmaaß anzunehmen. Aber alle dieſe Vorſchläge ſind nicht realiſirt worden. Die ganz genaue Beſtimmung und Mittheilung eines ſolchen Normalmaaßes hatte aber auch einige Schwierigkeiten. Auf dieſe machte beſonders der Engländer Whitehurſt im Jahr 1789 aufmerkſam.

In Frankreich führte man wirklich zur Revolutionszeit ein allgemeines Längenmaaß, das Metre, mit den gehörigen Unterabtheilungen ein. Ein ſolches Metre machte den zehnmillionſten Theil eines Meridiangrades nach Mechain's und Delambres Meſſungen aus.

Vierter Abſchnitt.

Die Geſchichte der Trigonometrie insbeſondere.

§. 125.

Da die Lehre von den Dreiecken, worin man aus bekannten Theilen eines Dreiecks unbekannte zu finden ſucht, in der Mathematik ſo ungemein wichtig war, indem dadurch ſo viele, ja die meiſten Probleme der Feldmeßkunſt, der Aſtronomie und anderer Zweige der angewandten Mathematik aufgelößt werden, ſo verfiel man ſchon in alten Zeiten darauf, bei der Dreieckslehre die Arithmetik auf eine eigne Weiſe mit der Geometrie zu verbinden, auf eine Weiſe, wodurch man leichter und genauer den erwähnten Zweck erreichte. So entſtand daraus die Trigonometrie, welche je nach der Art der Seiten der Dreiecke in die geradlinichte oder ebene Trigonometrie und in die ſphäriſche Trigonometrie eingetheilt wurde. Letztere war beſonders für die Aſtronomie von unſchätzbarer Wichtigkeit.

Die Lehre von den ſphäriſchen Dreiecken, welche aus der Lehre von den geradlinichten ebenen Dreiecken abgeleitet werden mußte, war ſchwerer und verwickelter, als dieſe; deſ-

wegen entſtand die ſphäriſche Trigonometrie ſpäter, als die ebene, und machte auch langſamere Fortſchritte.

§. 126.

Beſchreibt man um ein Dreieck einen Kreis, deſſen Peripherie durch die Scheitel aller Winkel des Dreiecks geht, ſo machen die Seiten des Dreiecks Sehnen oder Chorden der zu ihnen gehörigen Winkel am Mittelpunkte oder der ihnen gegenüber ſtehenden doppelten Winkel des Dreiecks aus. Da gab es alſo Verhältniſſe der Seiten (Sehnen) zu den Winkeln und der Winkel zu den Seiten. Solche Betrachtungen, welche ſchon zu nützlichen Proportionen Anlaß gaben, legten den erſten Grund zur Trigonometrie. Man berechnete die Sehnen (Dreiecksſeiten) aus den Winkeln oder aus den Kreisbögen, wozu ſie gehörten. Man entwarf Tafeln, Chordentafeln, daraus, nicht blos für alle Grade von 0 bis 180, ſondern auch für Theile von Graden.

Solche Chordentafeln, auch für halbe Grade, findet man ſchon im Almageſt des Ptolemäus. Für den erſten Erfinder derſelben aber, ſowie für den Erfinder der ebenen und ſphäriſchen Trigonometrie überhaupt, wird gewöhnlich Hipparch gehalten. Allerdings legte dieſer auch in dem zweiten Jahrhundert vor Chriſti Geburt den Grund zu der eigentlichen genauen Aſtronomie. Ptolemäus wußte, wie Theon in ſeinen Erläuterungen zu des Ptolemäus Almageſt anführt, die Sehnen-Erfindung des Hipparch ſchon trefflich auf aſtronomiſche Lehrſätze anzuwenden. Das that er freilich nur ſo weit, als er ſie zu ſeinen aſtronomiſchen Unterſuchungen gebrauchte. Nach Hipparch hat auch der

geſchickte Geometer und Aſtronom Menelaus, welcher um das Jahr 55 der chriſtlichen Zeitrechnung lebte, die Sehnen-Lehre erweitert und es in der Trigonometrie überhaupt ſchon ſo weit gebracht, daß er darüber, namentlich über die ſphäriſche Trigonometrie, ein eignes Werk ſchreiben konnte.

§. 127.

Arabiſche Mathematiker waren vermuthlich die erſten, welche ſtatt der Sehnen, die Hälfte derſelben, Sinus genannt, in Betrachtung zogen, und zu den trigonometriſchen Verhältniſſen und Proportionen anwandten. Denn in dem um ein Dreieck beſchriebenen Kreiſe ſind die Hälften der Seiten des Dreiecks die Sinus der gegenüber ſtehenden Winkel, als Hälften der Sehnen der doppelten Bögen, welche dieſe Winkel meſſen; und ſo mußten wohl die gegenſeitigen Verhältniſſe der Hälften jener Seite überhaupt die Verhältniſſe angeben, welche die zu einerlei Halbmeſſer gehörigen Sinus der gegenüberliegenden Winkel des Dreiecks hatten. Weil nun ferner die Hälften der Seiten ſich wie die Seiten ſelbſt verhielten, ſo mußten wohl die Seiten eines Dreiecks immer daſſelbe Verhältniß zu einander haben, wie die Sinus der gegenüberliegenden Winkel für irgend einen Halbmeſſer.

Der berühmte arabiſche Aſtronom Mahomed al Batani, gewöhnlich Albatenius genannt, welcher zu Ende des neunten und zu Anfange des zehnten chriſtlichen Jahrhunderts lebte, und deſſen aſtronomiſches Werk im Jahr 1537 in einer lateiniſchen Ueberſetzung zu Nürnberg erſchien, giebt von der Anwendung der Sinus die erſte zuverläſſige Nachricht. Da ſie, unter andern Vortheilen, auch die Bequemlichkeit hatte, daß man dadurch die Mühe ſparte,

die gegebenen Winkel zu verdoppeln, und daß die darnach entworfenen Tafeln, ſtatt auf einen Halbkreis ausgedehnt zu werden, nun blos auf ſeinen Quadranten eingeſchränkt wurden, ſo kann man leicht denken, wie gern und dankbar die nachfolgenden Mathematiker dieſe Erfindung aufnahmen.

§. 128.

Weil die Sinus der ſchiefen Winkel als Theile vom Sinus des rechten Winkels angeſehen werden können, ſo nannte man letztern den ganzen Sinus oder Sinustotus. Wirklich werden auch als Theile des letztern die Sinus der übrigen Winkeln angegeben.

Die alten Mathematiker, wie Ptolemäus und Albatenius, theilten den Durchmeſſer in 120, folglich den Halbmeſſer in 60 gleiche Theile. Jeden dieſer Theile zerlegten ſie, auf ähnliche Art wie die Grade der Kreisbögen, in 60 Minuten, die Minute in 60 Sekunden; und in ſolchen Theilen des Halbmeſſers drückten ſie, erſt die ganzen Chorden und dann auch ihre Hälften aus. Die Unbequemlichkeit dieſer Eintheilung nach 60 mußte man bald einſehen; aber erſt der berühmte im Jahr 1461 zu Wien geſtorbene Aſtronom Georg Purbach (eigentlich Peurbach) nahm in der Mitte des funfzehnten Jahrhunderts eine genauere und bequemere Eintheilung damit vor, indem er den Sinustotus in 100000 Theile theilte, und darnach eine neue Sinustafel von zehn zu zehn Minuten berechnete. Der Schüler dieſes verdienten Mannes, Johannes Müller, gewöhnlich (von ſeinem Geburtsort Königsberg in Franken) Regiomontanus genannt, dehnte die Sinustafeln auf

einzelne Minuten aus. Zuerſt berechnete er dieſe ebenfalls für den Halbmeſſer 600000, in der Folge aber auch für den Halbmeſſer 10000000. Im Jahr 1463 hatte Regiomontan ſchon ein trigonometriſches Werk (de Triangulis) ausgearbeitet; in dieſem war aber der Halbmeſſer noch zu 600000 angenommen. Erſt im Jahr 1490 kam etwas davon im Druck. Die erſten gedruckten Tafeln des Regiomontan für den Halbmeſſer 10000000 lieferte Johann Schoner zu Nürnberg im Jahr 1541.

§. 129.

Um dieſelbe Zeit berechnete auch der ferrariſche Aſtronom Johannes Blanchinus Sinustafeln für den Halbmeſſer 60000. Von dieſen Blanchiniſchen Tafeln exiſtirten ſchon im Jahr 1463 Abſchriften. Im Jahr 1533 machte der Ingolſtadtiſche Profeſſor Apianus (Peter Bienewitz) durch den Druck eine Sinustafel bekannt, welche für den Halbmeſſer 100000 auf einzelne Minuten berechnet war. Der unſterbliche Aſtronom Copernikus rechnete, in ſeinem 1542 in Wittenberg erſchienenen Werke von den ebenen und ſphäriſchen Dreiecken, ſowie in demjenigen von der Umdrehung der Himmelskörper (de revolutioribus orbium coelestium), welches im Jahr 1543 zu Nürnberg herauskam, aber ſchon im Jahr 1530 geſchrieben war, gewöhnlich mit Sinus für den Halbmeſſer 10000; ſpäter bediente er ſich auch ſolcher für den Halbmeſſer 100000.

In der zweiten Hälfte des ſechszehnten Jahrhunderts berechnete Georg Joachim, von ſeinem Vaterlande (dem Voralberg, einem Theil des alten Rhätien) gewöhnlich Rhäticus genannt, die Sinus von zehn zu zehn Sekunden, zu-

erſt für den Halbmeſſer 10000000000, ſpäter auch durch alle Sekunden für den Halbmeſſer 1000,000,000,000,000.

§. 130.

Das waren allerdings ſchon große Fortſchritte in der Dreieckslehre; aber der größte Schritt zum Beſten dieſer Wiſſenſchaft war doch wohl die Erfindung der Logarithmen für die Sinuſſe. Die Erfindung anderer trigonometriſcher Linien war denſelben vorangegangen (§. 40 ff.)

Tangenten und Tangententafeln hatten die Orientalen früher, als die Europäer. Ulugh Beigh, der Enkel des berühmten Tamerlan, hatte ſchon in der erſten Hälfte des funfzehnten Jahrhunderts Tangententafeln in 1000,000,000 Theilen des Halbmeſſers entworfen. Unter den Europäern hat Regiomontan den Gebrauch der trigonometriſchen Tangenten zuerſt und zwar für den Halbmeſſer 100000 eingeführt, obgleich er längere Zeit nur der Sinuſſe zur Auflöſung ſeiner Aufgaben ſich bediente, wie man aus ſeinem trigonometriſchen Werke (de Triangulis) ſieht. Georg Joachim Rhäticus berechnete zuerſt die Tangenten, ſowie auch die Sinuſſe von zehn zu zehn Sekunden für den Halbmeſſer 1000,000,000,000,000.

§. 131.

Die Coſinus der Winkel (oder die Sinus der Ergänzungswinkel zu 90 Grad) kommen gleichfalls ſchon bei Regiomontan vor. Die Sekanten der Winkel aber oder der ſie meſſenden Bögen, findet man zuerſt beim Rhäticus, welcher nach dem Jahre 1539 eine Tafel derſelben (unter dem Namen Canon hypothenusorum) für den Halbmeſſer 10,000,000 berechnete, und noch vor dem Jahre 1553 ver-

ausgab. Im Jahr 1558 ließ Franz Maurolycus zu Meſſina eine Sekantentafel drucken. Später hat Rhäticus die Sekanten und Tangenten ſowohl von zehn zu zehn Sekunden für den Halbmeſſer 10,000,000,000, als auch durch alle Minuten und für Decaden von Sekunden durch die erſten zwei Grade, für den Halbmeſſer 1000,000,000,000,000 berechnet.

Rhäticus betrachtete die geometriſchen Linien als Seiten eines rechtwinklichten Dreiecks, die er Hypothenuſe, Perpendikel, Grundlinie ꝛc. nannte; die Benennungen Sinustotus, Sinus, Coſinus, Tangente, Cotangente, Secante, Coſecante vermied er. Aber indem er dieſes Alles in zierlichem Latein ausdrücken wollte, ſo kam er eigentlich erſt in Schwerfälligkeiten und in unangenehme Weitläufigkeiten.

Viele Mühe machten ihm ſolche kleine Bögen, auf die man durch Halbiren nicht kommt. Peurbach hatte ſich begnügt, die Sehne von einem Grade durch ihre Gränze zu beſtimmen, wie es auch Ptolemäus gemacht hatte, und wie es, nach Peurbach, auch Regiomontan machte. Rhäticus aber ſuchte für einen viel größern Bogen, als dieſe gebrauchten, den Sinus einer halben Minute. Otho, welcher ſich durch die Herausgabe der Werke des Rhäticus nicht geringe Verdienſte erwarb, fügte auch noch die Berechnung ſchiefwinklichter Kugeldreiecke bei.

§. 132.

Der Engländer Johann Dee benutzte im Jahr 1573 manche der vorhergegangenen trigonometriſchen Erfindungen. Er führte ſeine Rechnung genau, aber oft zu weitläufig. Zu

bedeutenden Fortſchritten in der Trigonometrie hat er nicht Anlaß gegeben.

Man hatte nun für irgend einen beſtimmten Halbmeſſer Tafeln für Sinus, Tangenten und Sekanten, die anfangs einzeln jede für ſich, ſpäter zuſammen oder vereinigt gegeben wurden. Einer der nächſten Berechner ſolcher Tafeln ſcheint im Jahr 1579 Franz Vieta zu Paris geweſen zu ſeyn. In ihren Schriften benutzten Fink im Jahr 1585, Clavius 1586, und Landsberg 1591 die Tafeln der Sinus, Tangenten u. Sekanten für den Halbmeſſer 10,000,000, und zwar nach Regiomontan, Reinhold und Rhäticus.

§. 133.

Höhern Werth erhielten auch die Tangententafeln und die ſpäterhin entbehrlichen Sekantentafeln, als die Logarithmen (§. 36.) auf deren Berechnung angewandt wurden. So gab der Engländer Edward Gunter ſchon im Jahr 1620 briggiſche Logarithmen der Sinus und Tangenten durch alle Minuten auf ſieben Decimalſtellen ohne Kennziffer (der Sinustotus = 10 geſetzt) heraus. So enthielt Vlacqs im Jahr 1626 zu Goude in Holland erſchienene logarithmeſche Arithmetik eine Tafel der Sinus, Tangenten und Sekanten mit dazu gehörigen Logarithmen, für den Halbmeſſer 100,000,000,000 (der Logarithme davon war aber nur = 10 geſetzt). Und ſo lieferte im Jahr 1632 Bonaventura Cavaleri Logarithmen der Sinus, Tangenten und Sekanten und der Querſinus von acht Decimalſtellen.

Von nun an erſchienen nach und nach die größern und beſſern logarithmiſchen und logarithmiſch-trigonometriſchen

Tafeln von Vlacq, Ozanam, Wolf, Shervin, Vega, Schulze und andern (§. 45 f.), durch welche die Trigonometrie und mit derſelben alle Zweige der Mathematik, vornehmlich der angewandten, zu einer immer größern Höhe emporſtiegen. Gauß Logarithmen kamen den Aſtronomen ungemein zu ſtatten.

§. 134.

Manche ſchöne und für die Anwendung wichtige Conſtructionen und Berechnungen an Dreiecken wurden bald nach Erfindung der Trigonometrie gemacht. Das ſieht man ſchon in dem Almageſt des Ptolemäus Albatenius. Und ſo hat der um die Mitte des dreizehnten Jahrhunderts lebende Campanus, vorzüglich aber der um die Mitte des funfzehnten Jahrhunderts lebende Regiomontanus, recht ſchöne trigonometriſche Sätze aufgeſtellt, aufgelößt und gehörig erläutert. Unter andern ſind Copernikus, Clavius, Fink, Lansberg, Cavaleri, Rheinhold, Vieta, Pitiſcus, Snellius, Gellibrand, Kepler, Tartaglia, Schoten und Ougthred, Männer aus dem ſechzehnten und ſiebzehnten Jahrhundert, denen die Trigonometrie in jenen Zweigen ſehr viel zu verdanken hat.

So lieferte der Deutſche Bartholomäus Pitiſcus, welcher im Jahr 1613 ſtarb, das erſte gründliche und vollſtändige Lehrbuch der Trigonometrie, vornehmlich der ſphäriſchen. Ueberhaupt gab er mehrere die Trigonometrie betreffende Werke heraus. Zu ſeinen Berechnungen der Chorden und der Sinus wandte er die Regelfalſi (§. 31.) an. Breſſius und Urſus machten ſich ohngefähr um die-

ſelbe Zeit gleichfalls mit der Trigonometrie vertraut, und ſuchten darin durch neue Entdeckungen Nutzen zu ſtiften.

Neper gab ſchon allgemeine Regeln zur Auflöſung rechtwinklichter Kugeldreiecke, wie ſie zu Anfange des achtzehnten Jahrhunderts auch Wolf erfand, ehe er Nepers Buch ſah, ſowie der Franzoſe Pingré in der Mitte des achtzehnten Jahrhunderts.

§. 135.

Ehe man in der Trigonometrie die Logarithmen anwandte, war die geometriſche Rechnung ſehr mühſam. Denn ſtets mußte man zur Auflöſung der aufgeſtellten Proportionen multipliciren und dividiren, und zwar oft mit ſehr großen Zahlen. Zur Erleichterung dieſes Verfahrens hatte man um das Ende des ſechszehnten Jahrhunderts einen eigenen Kunſtgriff zur Verwandlung der Multiplication und Diviſion in die Addition und Subtraction erfunden, welchen man proſthaphäritiſches Rechnen, auch wohl Aurea proportionis nannte. Der berühmte Tycho de Brahe und der bekannte Wittich in Breslau wandten dieſes Verfahren vornehmlich bei Kugeldreiecken an. Clavius erweiterte daſſelbe und Melchior Joeſtellius, ein geſchickter Mathematiker zu Wittenberg, machte es ſo allgemein, daß es leicht zur Berechnung aller ebenen und ſphäriſchen Dreiecke angewendet werden konnte.

Als die logarithmiſchen Tafeln, die im Anfange faſt ganz allein der Aſtronomie gewidmet waren, auch auf die trigonometriſchen Linien angewendet wurden, da gebrauchte man jene ſonderbare Rechnung nicht mehr.

§. 136.

Im achtzehenten Jahrhundert wurde die Trigonometrie, die ebene ſowohl, wie die ſphäriſche, noch mehr erweitert, berichtigt und zu großen Zwecken, z. B. zu großen Landesvermeſſungen, zu Gradmeſſungen und zu verſchiedenen aſtronomiſchen Beſtimmungen, mit immer zunehmender Genauigkeit angewendet. Die Verbindung der Analyſis mit ihr brachte ſie auf einen hohen wiſſenſchaftlichen Standpunkt; und wenn Männer wie Klügel, Buſſe, Schön, Lacroix, Scherffer, Wright, Schulze, Pfleiderer, Bohnenberger und andere ſie in trefflichen Schriften bearbeiteten, ſo konnte es nicht fehlen, daß ſie einen bedeutenden Grad von Vollkommenheit erlangen mußte.

Fünfter Abſchnitt.

Die Geſchichte der Algebra und Analyſis.

§. 137.

Der Grieche Diophant (§. 7.) wird gewöhnlich für den Erfinder der Algebra, d. h. der Lehre von den Gleichungen gehalten; wenigſtens hat er ein arithmetiſches Werk geſchrieben, das man ſchon ein algebraiſches nennen könnte. So viel iſt aber gewiß, daß zu Diophants Zeit und ſelbſt ſpäter, ſolche Rechnungsarten, worin man unbekannte Größen durch Gleichungen findet, noch äußerſt ſelten waren.

Diophant wußte eine Gleichung anzuſetzen, und ſo einfach wie möglich zu entwickeln. Seine Gleichungen waren

nicht blos einfache Gleichungen vom erſten Grade, d. h. ſolche, worin eine unbekannte Größe nur als erſte Potenz vorkommt, ſondern auch quadratiſche Gleichungen oder Gleichungen vom zweiten Grade mit mehr unbekannten Größen, die als zweite Potenz (als Quadrat) vorkommen, kannte er ſchon.

Bei reinen arithmetiſchen Aufgaben, worin die Bedingungen der Frage alle ſchon in der Frage ſelbſt gegeben ſind, hatte die Erfindung der Gleichungen nur wenige Schwierigkeiten. Aber bei Anwendung der Rechnung auf Gegenſtände der Geometrie, Phyſik und techniſchen Mathematik war die Bildung einer Gleichung ſchwerer; denn hier waren vielleicht nicht alle Größen gegeben, die auf Beſtimmung des Geſuchten Einfluß hatten, oder es fanden zwiſchen den gegebenen und geſuchten Größen Bedingungen und Verhältniſſe ſtatt, die aus der Beſchaffenheit des Gegenſtandes floſſen, in der Aufgabe ſelbſt aber nicht vorkamen. Indeſſen hat ſich der Scharfſinn der Mathematiker auch über ſolche und manche andere Schwierigkeiten hinwegzuſetzen gewußt.

§. 138.

Diophants Werk über eine ſolche Arithmetik war höchſt intereſſant. Wilhelm Xylander gab dieſes Werk im Jahr 1575 heraus. Aber die beſte Ausgabe deſſelben, in griechiſcher und lateiniſcher Sprache, erſchien, mit den nöthigen Erläuterungen von Bachet und Fermat, im Jahr 1670 zu Toulouſe. Leider gingen die letzten ſieben Bücher deſſelben verloren. Vermuthlich enthielten dieſe die verwickeltſten Aufgaben. Diophant bediente ſich für die verſchiedenen Größen, z. B. für die unbekannten, eben ſo gewißer

Zeichen, wie die neuern Algebraiſten ſich der Buchſtaben bedienen; und eigne Zeichen (griechiſche Buchſtaben) hatte er auch für die verſchiedenen Potenzen. Beſondere Aufmerkſamkeit verdient ſeine ſinnreiche Anwendung der Analyſis auf unbeſtimmte Aufgaben. Zwar kommen in Diophants Werke auch ſolche Aufgaben vor, die, wenn er jede der geſuchten Größen durch eigne von den übrigen unabhängige Zeichen ausgedrückt hätte, ihn auf unreine quadratiſche Gleichungen geführt haben würden; aber mit abſichtlicher Kunſt vermied er dieſe immer, ſo, daß er zuletzt immer reine quadratiſche Gleichungen erhielt. Diophant war alſo ſchon ziemlich weit gekommen. Und doch haben die Europäer ihre algebraiſchen Kenntniſſe nicht zuerſt durch Diophants Werke erhalten.

Unter dem Ausdruck diophantiſche Analyſis verſteht man die Auflöſung unbeſtimmter Aufgaben, und ſolche, die auf höhere Gleichungen führen. Mit Auflöſungen ſolcher unbeſtimmter Gleichungen nach Diophantus beſchäftigten ſich tauſend Jahre nachher Vieta, Bachet, Descartes, Fermat u. a.

§. 139.

Die Araber, welche ſelbſt von gelehrten Europäern, z. B. von Cardan und von Wallis, für die Erfinder der Algebra gehalten werden, (wenigſtens vervollkommten ſie die Diophantſche Algebra), kannten die Algebra ſchon zu den Zeiten des Al Mamon, nämlich im Anfange des zehnten Jahrhunderts. Sie hatten dieſe Wiſſenſchaft von den Griechen erhalten, und theilten ſie in der Folge den Europäern wieder mit. Ein italieniſcher Kaufmann, Leonardo von

Piſa, der ums Jahr 1200 große Reiſen nach dem Orient unternahm, brachte von da die Kenntniß der arabiſchen Arithmetik und Algebra in ſein Vaterland. In Italien fand dieſe neue Art der Arithmetik viele Liebhaber. Das bezeugen die in den italieniſchen Bibliotheken noch vorhandenen Manuſcripte arithmetiſcher Werke. Anfangs waren die algebraiſchen Aufgaben meiſtens nur Räthſel von Zahlen; bald nachher wurden ſie aber auch auf ernſtere Gegenſtände angewandt. Es ſind Anzeigen vorhanden, daß die Araber bis zur Auflöſung der Gleichungen vom dritten Grade und in einigen beſondern Fällen bis zum vierten Grade gingen. Der Italiener, Lucas de Burgo, der die Algebra von den Arabern lernte, war einer der erſten, welcher dieſe Wiſſenſchaft unter den abendländiſchen Chriſten genauer bekannt machte. Im Jahr 1494 ließ er in Venedig ein Buch darüber drucken. Er zeigte, daß der Name Algebra herkomme von Aljabre e Almucabala (restauratio et oppositio, Wiederherſtellung und Gegenſtellung; in Beziehung auf die verſchiedenen Theile der Gleichung.) Mohammed Ben Mouſſa und Thabet Ben Corrah ſind die älteſten arabiſchen Algebraiſten. Jener hat, nach Cardans Zeugniß, die Auflöſung der quadratiſchen Gleichungen erfunden; der letztere aber hat über die Gewißheit der Beweiſe der algebraiſchen Rechnungen geſchrieben und die Algebra ſchon auf die Geometrie anzuwenden gewußt. Die Auflöſung höherer Gleichungen ſollen die Araber, nach dem Urtheil des Lucas de Burgo, nicht gekannt haben.

Lucas unterſchied die Algebra in Arte Maggiore und Arte Minore. Jene ſollte denjenigen Theil dieſer Wiſ-

ſenſchaft enthalten, welcher ſich mit höheren Rechnungen be- ſchäftigte; dieſe aber nur denjenigen Theil, welcher ſich mit Rechnungen fürs gemeine Leben abgab. In jener kamen ſchon kubiſche Gleichungen vor. Ueberhaupt ſcheint das Werk des Lucas die Algebra allgemeiner gemacht zu haben.

§. 140.

Bald nach Lucas Zeiten wurde die Algebra oft Regel de Cos (Regola de la Cosa) genannt, weil Cosa oder Sache die unbekannte Größe und zwar ihre erſte Po- tenz bedeutete. So hieß ſie im ſechszehnten und ſiebzehnten Jahrhundert auch bei den deutſchen Algebraiſten, die in der Algebra ſo erfahren waren, daß ſie jeden Fremden darin etwas aufzurathen geben konnten, wie z. B. Chriſtoph Rudolf, Johann Faulhaber und Chriſtoph Cla- vius. Der berühmte deutſche Mathematiker Michael Stifel aus Eßlingen verbeſſerte Rudolfs Algebra noch, die im Jahr 1571 erſchienen war. Auch Johann Scheybl oder Scheubelius in Tübingen hatte ſich in der Mitte des ſechszehnten Jahrhunderts um die Algebra viele Verdienſte erworben. Faulhaber trieb im erſten Drittheile des ſieb- zehnten Jahrhunderts die Cos auf höhere Gleichungen, als kubiſche, bei denen man bisher meiſtens ſtehen geblieben war. Mit algebraiſchen Spielwerken beſchäftigte er ſich gleichfalls. Der dreißigjährige Krieg lähmte den Geiſt der Deutſchen und brachte ſie aus Noth auf andere Beſchäfti- gungen.

Der bekannte Italiener Hieronymus Cardanus machte ſich im Jahr 1570 durch ſein algebraiſches Werk be- rühmt. Schon ums Jahr 1505 hatte Scipio Ferreo,

Profeſſor der Mathematik zu Bologna, die kubiſchen Gleichungen in ein helleres Licht verſetzt. Nicolaus Tartaglia war im Jahr 1530 noch weiter gegangen, und wenige Jahre nachher ſchrieb derſelbe zu Paris eine gute praktiſche Arithmetik und Algebra. Urſus und Jung, gleichfalls zwei Coſſiſten vom Ende des ſechszehnten Jahrhunderts, machten wirklich bedeutende Fortſchritte in der Algebra.

§. 141.

Cardan und Tartaglia ſtritten ſich lange um die Ehre mancher algebraiſchen Erfindungen. Erſterer machte ſich um die Theorie der kubiſchen Gleichungen beſonders verdient. Obgleich eigentlich Tartaglia ſchöne praktiſche Vorſchriften zur Auflöſung dieſer Gleichungen an den Tag gebracht hatte, ſo wurden ſie doch Cardan's Regeln genannt, weil Cardan ſich um die Erweiterung derſelben ein beſonderes Verdienſt erwarb. Er ſuchte Regeln für alle Formen und Abänderungen der kubiſchen Gleichungen, und fand auch, wie in ſolchen Gleichungen das zweite Glied hinweggeſchaft werden könne. Zuweilen gebrauchte er auch ſchon Buchſtaben, um Größen auf eine allgemeine Art zu bezeichnen und zu behandeln.

Die Aufgabe, drei Zahlen zu finden, die in ſtetiger geometriſcher Proportion ſind, deren Summe eine gewiſſe Zahl iſt, und von welchem die erſte und zweite, mit einander multiplicirt, ein gegebenes Produkt ausmachen, veranlaßte die Erfindung einer Methode biquadratiſche Gleichungen aufzulöſen. Cardan ermunterte den Ludovico Ferrari aus Bologna, einen jungen Mann von mathematiſchen Talenten, die Auflöſung zu verſuchen; und es gelang dieſem.

Bald nachher erhielt auch **Bombelli** Kenntniß davon; deswegen ſchreibt man zuweilen auch dieſem die Erfindung zu.

Wenn nun auch dieſe Italiener es in den höheren Gleichungen weiter gebracht hatten, als die Deutſchen, ſo waren letztere ihnen doch in den allgemeinern Kenntniſſen der Algebra merklich überlegen. **Rudolf** und **Stifel** führten auch die Zeichen + und — für die Addition und Subtraction und manche andere nachher und bis jetzt gebräuchliche arithmetiſche Zeichen ein. **Stifel** nannte unter andern auch zuerſt den Grad der Potenz, von der Anzahl der gleichen Faktoren ausgedrückt, **Exponent**. Die engliſchen und franzöſiſchen Algebraiſten, wie **Recorde** und **Peletarius**, benutzten bald die Entdeckungen jener verdienſtvollen Deutſchen.

§. 142.

Der niederländiſche Mathematiker **Simon Stevin** ſchrieb gegen das Ende des ſechszehnten Jahrhunderts eine Arithmetik und eine Algebra, die beide manches eigenthümliche enthielten. Aber viel mehr verdankt die Algebra dem Franzoſen **Franz Vieta**, der gegen das Ende des ſechszehnten Jahrhunderts die **allgemeine Rechnungsart mit Buchſtaben** einführte. Obgleich ſchon **Cardan** ſich bisweilen allgemeiner Zeichen für die mit einander verbundenen Größen bediente, oder verſchiedene Fälle der Gleichungen auf dieſe Art darſtellte, ſo ging doch erſt **Vieta** damit recht ins Allgemeine. Die **bekannten** Größen in der Gleichung bezeichnete er durch die Conſonanten, die **unbekannten** durch die Vokale aus dem großen lateiniſchen Alphabet. Später hatte man für **jene** Größen lieber die **erſten** Buchſtaben des kleinen Alphabets, für dieſe die letz-

ten Buchſtaben deſſelben Alphabets genommen. Auch verſchiedene jetzt übliche Benennungen rühren von Vieta her, z. B. Coefficient, affirmativ, negativ ꝛc. In einer größern und vollkommnern Ausdehnung als Cardan nahm Vieta mit den Gleichungen faſt alle erſinnliche Verwandlungen vor; dadurch gab er ihnen eine zur Auflöſung bequeme Geſtalt. Er lehrte, wie man aus einer Gleichung, wo Alles bekannte beſtimmte Zahlen ſind, den Werth der unbekannten Größe durch Näherung findet. Ueberhaupt bereicherte er die Algebra ganz ungemein.

Die ſchon bei ſeinem Leben gedruckten Werke des Vieta fanden vielen Abgang und wurden bald ſelten. Im Jahr 1656 hat der Holländer Schooten viele derſelben geſammlet und herausgegeben. Am getreulichſten trat in Vietas Fußſtapfen der Engländer William Oughtred.

§. 143.

Gleichzeitig mit Vieta und ebenfalls mit glücklichem Erfolge bearbeitete der Engländer Thomas Harriot die Algebra; und in der Bezeichnung der Größen war dieſer noch geſchickter als Vieta. Harriots erſter Schritt in der Algebra war, alle Größen auf Null zu bringen, obgleich er von dieſem Kunſtgriff keinen rechten Gebrauch machte. Er entdeckte auch, daß jede höhere Gleichung ein Produkt aus einfachen Gleichungen ſey. Auſſerdem führte er zuerſt den Gebrauch kleiner Buchſtaben, ſtatt der großen ein. Descartes hatte neue Conſtructionen der kubiſchen und biquadratiſchen Gleichungen gelehrt.

Zu Anfange des ſiebenzehnten Jahrhunderts erwarb ſich der niederländiſche Mathematiker Albert Girard be-

ſonders viele Verdienſte um die Algebra. Er war der erſte, welcher die Zuſammenſetzung der Coefficienten in einer Gleichung aus den Combinationen der Wurzeln jeder Art zeigte, da Vieta ſie blos für poſitive Wurzeln bemerkt hatte, und Harriot zwar negative Wurzeln in die Combinationen aufnahm, aber ſie nicht als Wurzeln der Gleichung betrachtete.

Sehr viel beſchäftigte ſich Girard mit den Combinationen. Die Menge derſelben von irgend einer Gattung bei einer gegebenen Anzahl von Dingen ſtellte er durch ein Zahlendreieck dar, wie es in der Folge Paskal gleichfalls machte. Die Bedeutung der negativen Wurzeln in der Geometrie erklärte Girard ſehr gut als ſolche, die Linien darſtellen, deren Richtung die entgegengeſetzte von derjenigen iſt, welche die poſitiven Wurzeln angeben. Von ihm rühren auch die Ausdrücke größer als Nichts, kleiner als Nichts her; und die Eintheilung der Zahlen in Millionen, Billionen ꝛc. hat er gleichfalls eingeführt.

§. 144.

Eine der ſchönſten Entdeckungen in der Mathematik war der binomiſche Lehrſatz, eine eigne analytiſche Formel, welche die Zuſammenſetzung einer Potenz des Binomiums (einer zweitheiligen Größe, wie $a + b$) aus den beiden Theilen (a und b) und den Exponenten der Potenz ſchnell und bequem darſtellt. Mittelſt jener Formel findet man ſogleich jedes beſtimmte Glied einer jeden Potenz mit Exponenten und Coefficienten, ſowie die ganze Potenz überhaupt, z. B. $(a + b)^8$; $(a + b)^{100}$; $a + b)^n$.

Schon in Stifels Arithmetik vom Jahr 1544 kommen die Binomial-Coefficienten vor. Aber erſt Briggs zeigte, wie die Coefficienten in jeder Potenz eines Binomiums unabhängig von einander gefunden werden. Indeſſen drückte er die Regel noch in Worten aus; eine analytiſche Formel gab er noch nicht. Erſt der große Newton entdeckte, vor dem Jahr 1676, eine ſolche Form, welche für alle Arten von Exponenten gültig war. Dieſe Entdeckung hielt man für ſo wichtig, daß man ſie auf Newtons Grabmale in der Weſtminſter-Abtei eingrub. Beweiſe von dieſem Binomiſchem Lehrſatze gaben Colſon, Käſtner, Aepinus, Euler, von Segner, l'Huilier, Buſſe, Rothe, la Grange, Kaußler u. a. zum Theil mit Hülfe der Differentialrechnung.

§. 145.

Der polynomiſche Lehrſatz, oder diejenige analytiſche Formel, welche die Zuſammenſetzung einer Potenz einer vieltheiligen Größe aus den Theilen derſelben und den Exponenten der Potenz darſtellt, iſt zu Ende des ſiebzehnten Jahrhunderts von Leibnitz erfunden worden. Die Gebrüder Bernoulli nahmen damit verſchiedene Veränderungen vor, ſowie zu derſelben Zeit Moivre, und ſpäter Cheyne, Colſon und Euler. So erhielt der Lehrſatz drei verſchiedene Formen.

Im Jahr 1779 machte ſich Hindenburg in Leipzig um denſelben Lehrſatz verdient, indem er die Combinationslehre darauf anwandte und ihn überhaupt deutlicher und genauer darſtellte. Noch zu Ende des achtzehnten Jahrhunderts beſchäftigte er ſich damit, in Verbindung mit andern treff-

lichen Mathematikern, wie Tetens, Klügel, Kramp und Pfaff.

§. 146.

Gewöhnlich wird die Algebra als ein Theil der Analyſis oder derjenigen mathematiſchen Diſciplin angeſehen, worin alle Größen durch Rechnung dargeſtellt und entwickelt werden. Da ſie alle Größen wie Zahlen behandelt, ſo unterſcheidet ſie ſich dadurch von der bloßen Geometrie ſehr weſentlich. Indeſſen kann man auch die Gegenſtände der Geometrie, nämlich die ausgedehnten Größen unter gewiſſen Geſichtspunkten als Zahlgrößen anſehen, und eben deswegen läßt ſich die Analyſis auch zur Darſtellung und Entwickelung geometriſcher Verbindungen von Größen anwenden, was allerdings da, wo es auf die Lage der Linien und Ebenen ankommt, oft umſtändlicher und ſchwieriger iſt, als mit derjenigen geometriſchen Zuſammenſetzung, welche durch ein der Geometrie eigenthümliches Verfahren geſchieht.

Die Analyſis der Alten, wie wir ſie recht gut aus Pappus Sammlung geometriſcher Unterſuchungen kennen lernen, bezog ſich auf die Geometrie; geometriſche Hülfsmittel mußten ihr zu Stützen dienen. Die Analyſis der Neuern aber erſtreckt ſich auf alle meßbare Gegenſtände. Diogenes Laertius und Proclus ſchreiben die Erfindung der geometriſchen Analyſis dem Plato zu. Da wir aber von dieſem berühmten Philoſophen keine mathematiſche Schrift haben, ſo können wir ſein Verfahren nicht beurtheilen. Indeſſen hat ſchon Archimedes einige merkwürdige Anwendungen der geometriſchen Analyſis beigebracht, wie wir aus deſſen zweitem Buche von der Kugel und dem Cylinder

ſehen. Hier vergleicht Archimedes die Größen mit einander, und zwar ohne Unterſchied, ob ſie gegeben oder unbekannt ſind; und ſo kommt er zuletzt durch eine Verbindung von Sätzen, die auf den Eigenſchaften der Kugel und des Kegels beruhen, auf eine Proportion, die unmittelbar eine Gleichung vom dritten Grade darſtellen kann.

§. 147.

Nach der Wiederherſtellung der Wiſſenſchaften, vornehmlich im ſiebzehnten Jahrhundert, wurde die geometriſche Analyſis von Vieta, Fermat, Viviani, Ghetaldi, Snellius, Huyghens, Barrow u. a. ſehr fleißig bearbeitet. Beſonders ſuchte man die verlornen geometriſchen Schriften der Alten wieder herzuſtellen. Die Engländer hauptſächlich zeichneten ſich ſelbſt, noch im achtzehnten Jahrhundert, durch ſolche Bemühungen aus. Das beweiſen Halley, Horsley, Simſon, Lawſon, Wallis, Barrow u. a.

Descartes hatte ſeinen erfinderiſchen Scharfſinn vorzüglich auch bei Verbindung der Algebra mit der Geometrie gezeigt. Aber durch Newtons und Leibnitzens Erfindungen hatte die Analyſis überhaupt einen noch größern Umfang und eine ganz andere Geſtalt gewonnen. Denn nun war die eigentliche höhere Analyſis dazu gekommen, oder die Analyſis überhaupt war in zwei Haupttheile, die Analyſis endlicher Größen (die Analyſis des Endlichen) und die Analyſis unendlicher Größen (die Analyſis des Unendlichen) getheilt worden. Zu der Analyſis endlicher Größen, oder derjenigen Analyſis, welche ſich mit Größen beſchäftigt, die ſich beſtimmt angeben laſſen, gehören ſchon viele wichtige Lehren, wie die Lehre von

den Funktionen oder Formen der Größen, der Anfang der Reihen-Theorie, die Lehre von den Combinationen, die combinatoriſche Analyſis, der binomiſche und polynomiſche Lehrſatz, die logarithmiſchen Funktionen, die circulären Funktionen, die Analyſis der krummen Linien, die endliche Differenzenrechnung, die unbeſtimmte Analytik u. dgl. Für dieſe Art von Analyſis hat Euler im Jahr 1748 das wichtigſte Werk geſchrieben.

§. 148.

Die von Newton und Leibnitz auf verſchiedenen Wegen erfundene Analyſis des Unendlichen (Infiniteſimalrechnung), die in der neuern Mathematik zu ſo großen Entdeckungen Veranlaſſung gegeben hat, beſchäftigt ſich mit den Gränzverhältniſſen der Unterſchiede der veränderlichen Größen in irgend einer Anzahl zuſammengeordneter Reihen. Die Unterſchiede werden hier gleichſam als unendlich kleine Beſtandtheile des Endlichen betrachtet; man ſucht das Verſchwindende zu faſſen, indem es verſchwindet. Sie zerfällt wieder in zwei Haupttheile, die Differentialrechnung und Integralrechnung.

Allerdings hatten mehrere Gelehrte der Erfindung jener Rechnungsarten vorgearbeitet. Von Newton beſonders wird behauptet, daß er aus Barrows geometriſchen Lectionen die erſten Begriffe von der Rechnung des Unendlichen geſchöpft habe. Ein ſogenanntes Differentialverhältniß und der Begriff von Fluxionen (ſelbſt das Wort fluere) kam ſchon im Jahr 1614 in Neper's Theorie der Logarithmen vor; und Fermat gebrauchte ſchon eine Rechnung, worin

die Differenz zweier Größen und dadurch mittelbar auch die Differenz zweier zugehörigen Größen verſchwindend geſetzt wird, zur Beſtimmung des größten und kleinſten Werthes einer Funktion (der Zuſammenſetzung einer Größe aus einer veränderlichen Größe und einer oder mehreren unveränderlichen). Der Ausdruck Funktion ſelbſt in dieſem Sinne wurde im Jahr 1718 von Johann Bernoulli zuerſt gebraucht. Eigne Bezeichnungen dafür führten im Jahr 1733 Clairaut und im Jahr 1747 d'Alembert ein.

§. 149.

Gleichſam als Stellvertreter der Differentialrechnung wurde zu Newtons und Leibnitzens Zeit die Fluxionsrechnung eingeführt, oder die Rechnung mit fließenden (veränderlichen) Größen, deren Geſchwindigkeit bei einer erzeugten Bewegung zunimmt. Sie iſt aber nicht ſo bequem, als die Differentialrechnung. Uebrigens wurden die erſten Anwendungen der Fluxionen und der Differentialrechnung auf die Ziehung der Tangenten gemacht.

Wegen der Erfindung beider Arten von Rechnungen entſtand zwiſchen den engliſchen und deutſchen Mathematikern ein Streit, indem jene ſie allein dem Newton, dieſe dem Leibnitz zuſchreiben wollten. Vermuthlich haben ſowohl die Engländer, als die Deutſchen Recht gehabt, weil wahrſcheinlich Newton und Leibnitz, jeder für ſich, auf die Erfindung gerathen iſt. Newton wurde durch Geometrie und Bewegungslehre auf ſeine Fluxionenrechnung geführt; Leibnitz durch Betrachtung der Unterſchiede und Summen in den Reihen der Zahlgrößen auf ſeine Differentialrechnung. Leibnitz machte die ſeinige, die er ſchon im Jahr 1676 gemacht

zu haben verſichert, im Jahr 1684 (in den Actis eruditorum) bekannt, Newton die ſeinige erſt im Jahr 1687 (in den Principiis philosophiae naturalis). Zwar hat man Leibnitz beſchuldigen wollen, er habe ſchon vorher Newtons Methode aus Briefen kennen gelernt; aber dieſe Beſchuldigung läßt ſich gar nicht beweiſen und iſt auch ganz dem Charakter des Leibnitz zuwider. Da auch jeder von den beiden großen Genies bei der Berechnung ganz andere Begriffe zum Grunde legt, ſo möchte auch wohl dieſes die Wahrſcheinlichkeit erhöhen, daß jeder durch eignes Nachdenken auf ſeine Erfindung gekommen iſt, welches bei den Vorarbeiten anderer und bei Geiſtern, wie Newton und Leibnitz, nicht ſo ſehr zu verwundern war.

Auf dem feſten Lande Europens blieben die Leibnitziſchen Ausdrücke und Größen faſt bei allen Mathematikern gebräuchlich; die Engländer blieben bei den Newtonſchen. Mit ganz vorzüglicher Schärfe bewies Maclaurin im Jahr 1742 die Gründe der Fluxionsrechnung; andere Mathematiker, wie z. B. Käſtner, brachten im Jahr 1761 mehr Schärfe in die Differentialrechnung.

§. 150.

Newton und Leibnitz kannten auch ſchon, jeder für ſich, die Integralrechnung. Leibnitz nannte ſie die umgekehrte Differentialrechnung. In England war Craig einer der erſten, welcher von Newtons Methode Gebrauch machte. In Deutſchland wandte Jakob Bernoulli, und demnächſt auch Johann Bernoulli, bald die Erfindung des Leibnitz an. Johann Bernoulli führte auch zuerſt die Benennung Integralrechnung ein.

Leibnitz ſelbſt, durch vielerley Beſchäftigungen zerſtreut, konnte ſeine Gedanken nur flüchtig in Zeitſchriften hinwerfen. Andere Mathematiker mußten daher ſeine Gedanken, in Hinſicht der Integralrechnung ſowohl, als der Infiniteſimalrechnung überhaupt, weiter ausführen.

In mehreren Fällen zeigte ſich beſonders Jakob Bernoulli als Meiſter in der Analyſis des Unendlichen. Sein Bruder Johann, die Engländer Cotes, Robert Smith, Walmsley, Taylor und Maclaurin, ſowie die Italiener Manfredi, Riccati, die Franzoſen Carré, Nicole, Saurin, Clairaut, Condorcet und d'Alembert, auch die Deutſchen Nicolaus Bernoulli, Goldbach, Hermann, hauptſächlich Euler, u. a. erweiterten ſie bald ſehr und wandten ſie auf zahlreiche Gegenſtände der Naturwiſſenſchaften an. Eine beſondere Art, rationale Funktionen durch Logarithmen, nach Zerfällung ihres Nenners, zu integriren, erfand Johann Bernoulli; und viele Vortheile in der Differentialrechnung verdanken wir dem Clairaut, Fontaine und Euler. In der neueſten Zeit haben Couſin, la Grange, la Croix, Boſſût, Pasquich, Gauß u. a. wichtige Arbeiten in dieſem großen Zweige der Mathematik geliefert.

§. 151.

Nach der Erfindung der Analyſis des Unendlichen, worin immer von unendlich großen und unendlich kleinen Größen die Rede iſt, veranlaßte der Ausdruck unendliche Größe manche Mißverſtändniſſe und Mißdeutungen. Die Alten ſuchten immer und auf jede Art den Namen des Unendlichen und Alles, was hiermit einige Verwandſchaft haben könnte,

zu vermeiden; ſelbſt Carteſius gebrauchte noch dafür, gleichſam mit Zittern, das Wort unbegränzt (indefinitum). Auch mehrere große neuere Analyſten verſicherten, daß der Ausdruck unendliche Größe einen Widerſpruch enthalte, obgleich Maclaurin im Jahr 1742 in ſeinem Werke über Fluxionen die eingebildeten Geheimniſſe des Unendlichen zu zerſtreuen geſucht hatte. Eben deswegen wünſchte die königl. Akademie der Wiſſenſchaften in Berlin ſchon im Jahr 1784 einen wahrhaft mathematiſchen Grundſatz, der an die Stelle des Unendlichen geſetzt werden könnte und doch die Unterſuchungen weder erſchwere, noch verlängere, welche man durch dieſes Mittel bezweckte.

Der berühmte Karſten meinte noch, die Mathematiker trieben eine Art von Spiel mit dem Unendlichen; ſie haben, ſagt er, unendlich große und unendlich kleine Größen; ein unendlichmal Größeres und unendlichmal Kleineres; das eine Unendliche iſt größer oder kleiner oder überhaupt anders, als das andere Unendliche; und überhaupt giebt es in der Mathematik ſehr vielerley unendlich große und unendlich kleine Größen. Das, meinte er, wäre doch, wo nicht ungereimt, doch geheimnißvoll.

§. 152.

Die Geheimniſſe des Unendlichen, welche manchem Gelehrten unbegreiflich ſchienen, ſchon weil unſer endliche Geiſt das Unendliche nicht faſſen kann, verwandeln ſich aber, wenn wir ſie offen und frei betrachten, theils in ſehr offenbare Sätze, theils in ſinnreiche Redensarten. Letztere ſind von Vielen nur als Wortſpiele angeſehen worden. Käſtner er-

klärt ſich darüber (in ſeiner Vorrede zur Analyſis des Unendlichen) auf folgende Art:

„Da ſind jene Ausdrücke keine Wortſpiele, wo man ſie als Redensarten anſieht, um etwas kurz und nachdrücklich zu ſagen, das man ſonſt viel weitläuftiger geſagt hat. Wie ſich der kühne Ausdruck eines Dichters von dem vielleicht logiſch richtigern, aber trocknen Vortrage des Philoſophen unterſcheidet, ſo iſt ohngefähr die Rechnung des Unendlichen von den Beweiſen der Alten unterſchieden. Das feſte Land hat jene Rechnung auch zuerſt von einem Geiſte gelernt, bei dem ſich der Witz des Dichters, die Einſicht des Philoſophen, die Gründlichkeit des Geometers und die Beleſenheit des Polyhiſtors vereinigten. In der erſten Probe, die er von ſeinen Entdeckungen durch die Rechnung des Unendlichen gegeben hat, in ſeiner Quadratur des Kreiſes, hat er ſchon gezeigt, wie wir, trotz unſerer eingeſchränkten Kräfte, das Unendliche faſſen. Wir ſtellen uns nämlich nicht alle ſeine Theile vor; aber wir kennen das Geſetz, das alle dieſe Theile gemeinſchaftlich beobachten."

§. 153.

Manche Streitigkeiten mit den Carteſianern über Gegenſtände, die eigentlich nicht zur Mathematik gehörten, hatten Leibnitz einige Jahre von den weitern Unterſuchungen über ſeine neu erfundene Analyſis abgezogen; daher war es ein Glück für die Wiſſenſchaft, daß während dieſer Zeit die Gebrüder Bernoulli, nämlich Jacob, welcher im Jahr 1705, und Johann, welcher im Jahr 1748 ſtarb, ſich ihrer ſogleich mit dem allergrößten Eifer annahmen, und ſie durch eigne Erfindungen und Entdeckungen bereicherten. Die

Widerſacher der Differentialrechnung, vornehmlich der Holländer Nienwetyt und der Franzoſe Rolle, welche am Ende des ſiebzehnten Jahrhunderts auftraten, wurden bald zu Paaren getrieben.

Schon im Jahr 1690 hatte Jacob Bernoulli, der Profeſſor in Baſel war, die Aufgabe von der iſochroniſchen Curve aufgelößt, und gefunden, was auch Leibnitz und Huyghens fanden, daß ſie die zweite kubiſche Parabel ſey. Im Jahr 1691 machte derſelbe große Gelehrte zwei Aufſätze bekannt, worin er, vermöge der neuen Analyſis, die Tangenten, die Quadraturen und Rectificationen der paraboliſchen Spirallinie, der logarithmiſchen Spirallinie und der loxodromiſchen Linie aufſuchte. An letzterer zeigte er ſelbſt mehrere nützliche Eigenſchaften. Bei derſelben Linie wandte Leibnitz einige Aufgaben an, welche die arithmetriſche Quadratur der Kegelſchnitte betrafen.

§. 154.

Huyghens, Leibnitz und Johann Bernoulli hatten ums Jahr 1691 auch die Kettenlinie unterſucht, und Jacob Bernoulli hatte die Auflöſungen dieſer Männer noch erweitert und zugleich gefunden, daß die krumme Linie des vom Winde geſpannten Segels gleichfalls eine Kettenlinie ſey. Auch mit den Evoluten (oder den durch Fortwälzungen entſtehenden krummen Linien) hatte ſich Jacob Beruoulli viel beſchäftigt, wozu denn auch die Cycloide und Epicycloide gehörte; und die von dem bekannten Tſchirnhauſen (dem Erfinder der großen Brennſpiegel) wenige Jahre vorher entdeckte Brennlinie, ent=

ging ſeinen ſcharfſinnigen Unterſuchungen gleichfalls nicht. Huyghens, Leibnitz, Newton, de l'Hopital und noch einige andere ſcharfſinnige Mathematiker halfen kräftig mit zur Erweiterung der höhern Größenlehre, ſelbſt durch mehrere Streitigkeiten, die ſie mit einander in Zeitſchriften führten.

Im Jahr 1695 erſchien von Jacob Bernoulli eine vortreffliche Schrift über die elaſtiſche Curve, die iſochroniſchen Curven, die Linie für den mittlern Lauf der Schiffe, die verkehrte Methode der Tangenten ꝛc., und zwar in einer erweiterten, berichtigten und vervollkommneten Form. Seit dem Jahre 1694 hatten auch Leibnitz und Johann Bernoulli, jeder für ſich, die Exponentialrechnung erfunden; Leibnitz aber doch etwas früher, als Bernoulli.

§. 155.

Die Lehre vom Größten und Kleinſten (dem größten und kleinſten Werth einer veränderlichen Größe von beſtimmter Form) iſt ſchon bei den Alten, z. B. in Apollonius Werke über die Kegelſchnitte zu finden. Aber von dieſer Zeit an bis zum Jahr 1696 hatte die Auflöſung aller dahin gehörigen Aufgaben, ſelbſt diejenige des Descartes, Fermat, Sluſe, Hudde u. a. nicht die gehörige Schärfe, Einfachheit und Allgemeinheit, die ſie erſt durch die Differentialrechnung erhielt. Alſo hatten Newton und Leibnitz auch hier für einen wichtigen Theil der Mathematik eine neue Bahn gebrochen. Jacob und Johann Bernoulli traten bald in dieſe Bahn und erweiterten ſie, wie ſo manche andere zur höhern Analyſis gehörige. Die Aufgabe von

dem Tage der kürzeſten Dämmerung ſcheint eine der erſten geweſen zu ſeyn, woran die Gebrüder Bernoulli die neue Methode verſuchten, eine Aufgabe, die ſchon im Jahr 1542 der bekannte Nonius (Peter Nunnez) geometriſch aufgelößt hatte.

Johann Bernoulli hatte im Jahr 1697 den Geometern mehrere Aufgaben vorgelegt, worin ein Kleinſtes zu beſtimmen war, z. B. diejenige Cycloide, auf welcher ein Körper von einem gegebenen Punkte bis zu einer gegebenen lothrechten Linie in der kürzeſten Zeit fällt. Jacob Bernoulli zeigte, wie auf krummlinichten und geradlinichten Konoiden die kürzeſte Linie zwiſchen zwei gegebenen Punkten gefunden werde; u. dgl. Die zuerſt genannte Aufgabe, an deren Auflöſung auch Jacob Bernoulli ſich machte, entzweite die beiden Brüder, weil jeder glaubte, eine vorzüglichere Methode zu beſitzen und es beſſer gemacht zu haben. Die größten Mathematiker, wie Newton, Leibnitz und de l'Hospital, ſowie die berühmte Pariſer Akademie wurden dabei zu Schiedsrichtern ernannt; aber erſt nach Jacobs Tode fand es ſich, daß dieſer doch den Sieg davon getragen hatte.

§. 156.

Das Verfahren, mittelſt der Differentialrechnung die Größten und Kleinſten zu beſtimmen, wurde ſeit dem Jahr 1696 durch de l'Hopitals Analyſis am bekannteſten. Auch Maclaurin brachte mehr Klarheit in dieſe Lehre. Beſonders lichtvoll aber wurde ſie von Euler und ſpäter von la Grange vorgetragen.

Die Betrachtungen über Figuren und Körper, in Hinſicht ihres Inhalts, bei einerley Begränzungen durch Seitenlinien

oder Seitenflächen, gehörten gleichfalls hierher. L'Huilier hat darüber ein Hauptwerk geliefert. Merkwürdig und intereſſant fanden die Mathematiker bei dieſer Gelegenheit die Bienenzellen. Dieſe ſind ſechsſeitig prismatiſch, mit einem pyramidaliſchen Boden, der von drei Rhomben zuſammengeſetzt wird, welche an jeder der ſechs Seitenflächen ein Dreieck abſchneiden. Dadurch verwandeln ſich die ſechs Seitenflächen in Trapeze. Die drei Rhomben des Bodens machen mit den Seitenflächen und unter ſich (kleine Ungleichheiten abgerechnet) Winkel von 120 Graden, eben ſo, wie die Seitenflächen mit einander. Hier zeigt es ſich denn, nach den Unterſuchungen mehrerer vorzüglicher Mathematiker, wie des Pappus, des Kepler, des Maraldi, des Maclaurin, des Boscowich, des l'Huilier und anderer, daß, bei einer gegebenen Höhe der Zelle, durch dieſe Lage der Bodenflächen und bei der daraus entſpringenden Größe, der Aufwand an Wachs zur Conſtruction des Bodens am geringſten iſt.

§. 157.

In den letzten Jahren des ſiebzehnten und den erſten Jahren des achtzehnten Jahrhunderts waren Leibnitz, die Gebrüder Bernoulli, Newton und de l'Hopital unausgeſetzt mit den ſinnreichſten und ſchwerſten analytiſchen Unterſuchungen beſchäftigt, z. B. mit den Quadraturen gewiſſer cycloidiſcher Räume, mit dem unbeſtimmten Schnitt der Kreisbögen, mit der Curve des gleichen Drucks, mit der Transformation der Curven in andere von gleicher Länge, mit neuen Näherungsmethoden für die Quadraturen und Rectificationen der Curven, mit dem Verfahren, gewiſſe krumme Linien aus gegebenen Verhältniſſen ihrer Schenkel zu finden

u. dgl. mehr. Hatten auch alle dieſe Unterſuchungen nicht gleichen Grad von Nützlichkeit, ſo haben ſie doch mehr oder weniger zu den Fortſchritten der Geometrie beigetragen. Aber bedauern muß man, daß große Männer auf kleinliche Eitelkeiten, auf kleinlicher Ruhmbegierde und kleinlichem Neid oft ſo verſeſſen waren, daß ſie deswegen ihren moraliſchen und literariſchen Credit aufs Spiel ſetzten. So hatte der Marquis de l'Hopital (in ſeinem Buche des infiniment petits) eine ſehr ſinnreiche Regel vorgeſchlagen, den Werth eines Bruchs zu finden, deſſen Zähler und Nenner zu gleicher Zeit verſchwinden, wenn man der veränderlichen Größe einen gewiſſen beſtimmten Werth giebt. Niemand hatte ihm bei ſeinen Lebzeiten das Eigenthum der Erfindung dieſer Regel abgeſprochen; und kaum war er einen Monat todt, ſo trat Johann Bernoulli auf, und erklärte ſich nicht blos für den Erfinder jener Regel, ſondern auch für den Eigenthümer des Wichtigſten in de l'Hopitals Buche. Allerdings hatte de l'Hopital ſelbſt erklärt, daß er ſehr viel dem Unterricht von Johann Bernoulli verdanke, der mehrere Monate perſönlich bei ihm war und mit ihm zuſammen die neue analytiſche Geometrie ſtudirte. De l'Hopital hatte aber ſchon vorher ſo viele Beweiſe einer gründlichen Wiſſenſchaft gegeben, als daß ſein Geiſt durch Bernoullis Erklärung hätte herabgewürdigt werden können.

§. 158.

Ueberhaupt machte das Ende des ſiebzehnten und der Anfang des achtzehnten Jahrhunderts eine brilliante Epoche in der Mathematik aus. Deutſchland, England, Frankreich, Holland und Italien hatten die größten Mathematiker der

Welt aufzuweiſen; ihre Analyſten wetteiferten in dem Range, den ſie wohl, beſonders die der vier erſten Länder, in gleichem Maaße verdienen mochten.

Zu den vorzüglichern Arbeiten, welche wir dem großen Britten Newton verdanken, gehört auch ſein Werk vom Jahr 1704 über die Enumeration der Linien dritter Ordnung, obgleich es nur auf die gemeine Analyſis und auf die von Newton ſehr weit gebrachte Theorie der Reihen gegründet iſt. Es hat in der Folge andern gelehrten Geometern einen reichen Stoff zu ſinnreichen Unterſuchungen verſchafft. Newton bildete mit vieler Gewandtheit Reihen, vermöge welcher er die Integration gewiſſer verwickelter Formeln auf einfachere Formeln zurückführte; und dieſe Reihen, die in gewiſſen Fällen abbrachen, gaben dann die Integrale in endlichen Gliedern. So gab die Entwickelung dieſer Theorie eine lange Kette ſehr ſchöner Sätze. Schade, daß Newton von Differentialgleichungen ſo wenig beibrachte, obgleich darin die deutſchen, franzöſiſchen und holländiſchen Mathematiker ſchon ſo bedeutende Fortſchritte gemacht hatten!

§. 159.

Ueber die Fluxionen und unendlichen Reihen hatte Newton ein Werk geſchrieben, welches die Methoden zur Beſtimmung der Tangenten der krummen Linien, der von ihnen eingeſchloſſenen Räume, einige leichte Aufgaben über die Integration der Differentialgleichungen u. dgl. enthielt. Newton ſelbſt hatte dieſes Werk vermuthlich deshalb nicht drucken laſſen, weil er glaubte, daß es weder zu ſeinem Ruhme, noch zu den Fortſchritten der höhern Geometrie etwas beitragen würde. Neun Jahre nach Newtons Tode, nämlich

im Jahr 1736, gab es Pemberton heraus und im Jahr 1740 überſetzte Büffon es in's Franzöſiſche. Höhere Geometrie war gar nicht Büffon's Fach; um ſo mehr muß man ſich daher wundern, wie er die Dreiſtigkeit bekommen konnte, in der Vorrede zu jener Ueberſetzung unſern großen Landsmann Leibnitz auf eine ſehr unverſchämte Weiſe herabzuwürdigen.

Im Jahr 1711 gab Newton ſeine Differentialrechnung (Methodus differentialis) heraus. Man fand darin unter andern ein ſehr einfaches und bequemes Verfahren, krumme Linien durch Näherung zu quadriren. Alsdann wurde auch Newtons Parallelogram (analytiſches Parallelogram) berühmt, ein geometriſches Hülfsmittel, wodurch wir aus einer gegebenen Gleichung die erſten Glieder einer unendlichen Reihe und das Geſetz ihres Fortgangs finden, ſo, daß dadurch auch alle übrige Glieder beſtimmt ſind. Es ſteht nicht bei uns, wie ſie beſchaffen ſeyn ſollen, wenn wir die erſten feſtgeſetzt haben. Nehmen wir für die erſten Glieder andere, ſo erhalten wir natürlich auch andere Reihen.

In Italien zeichnete ſich im Jahr 1707 Gabriel Manfredi als ein vorzüglicher Geometer und Analytiker aus. Ein Werk, welches er damals zu Bologna heraus gab, zeigte ſeine große Fertigkeit in der Differential- und Integralrechnung.

§. 160.

Als Jacob Bernoulli geſtorben war, trat der Schüler dieſes berühmten Mannes, Jacob Hermann, mit vielem Glück in deſſen Fußſtapfen. Hermann, welcher im Jahr 1733 mit Tode abging, machte ſich zuerſt durch

eine Methode bekannt, die Krümmungshalbmeſſer in den Polarcurven zu finden. Später löſte er auf eine vorzügliche Art das Problem von dem unbeſtimmten Schnitt der Kreisbögen auf. Ueberhaupt rühren von ihm mehrere ausgezeichnete Werke her.

Auch der im Jahr 1759 geſtorbene Nicolaus Bernoulli, ein Neffe des Jacob, machte ſich frühzeitig berühmt, z. B. in den erſten Jahren des achtzehnten Jahrhunderts durch ſeine Wahrſcheinlichkeitsrechnung. Auch tiefe geometriſche Unterſuchungen zeichneten ihn als einen trefflichen Mathematiker aus. In Frankreich hatte de l'Hopital zwar keinen Zeitgenoſſen, der ihm an Reichthum und Tiefe von höheren geometriſchen und analytiſchen Kenntniſſen gleich kam. Doch gab es damals auch in dieſem Lande mehrere berühmte Mathematiker, deren Name in der Geſchichte der Größenlehre nie erlöſchen wird, wie z. B. Parent, Varignon und Saurin. Der erſtere, welcher im Jahr 1716 ſtarb, deſſen Hauptfach eigentlich die Mechanik war, wandte unter andern die Lehre vom Größten und Kleinſten auf die Bewegung von Waſſerrädern an; Varignon, der im Jahr 1722 mit Tode abging, gleichfalls mehr Mechaniker, erläuterte manche vorhandene Theile der Mechanik, z. B. mehrere Stellen in Newtons Principien, und wandte den Grundſatz vom Parallelogram der Kräfte auf die Geſetze des Gleichgewichts an; der im Jahr 1737 geſtorbene Saurin aber, der ſchöne Aufklärungen über mehrere intereſſante Theile der Mechanik (z. B. über Uhren) gab, war auch der erſte, welcher die Theorie der Tangenten an vielfachen Puncten der Curven genau und klar entwickelte.

§. 161.

Nach der glänzenden Leibnitziſchen, Newtonſchen und Bernoulliſchen Periode für die Mathematik traten noch manche vorzügliche Männer auf, die ſich durch ſchöne Entdeckungen verdient machten, wie z. B. auſſer Nicolaus Bernoulli, dem Neſſen von Johann, auch deſſen leider ſchon im Jahr 1726 geſtorbene Sohn Nicolaus, ſowie der im Jahr 1782 geſtorbene Daniel Bernoulli, des letztern Bruder. So machten alſo fünf Bernoulli's ein herrliches Geſtirn am mathematiſchen Himmel aus, das ſo lange leuchten wird, als die Welt ſteht.

An die Reihe dieſer berühmten Männer ſchloß ſich der große Euler, welcher, im Jahr 1707 geboren und 1783 geſtorben, unter Johann Bernoulli die erſten Fortſchritte in der Mathematik gethan hatte. Eine Akademie der Wiſſenſchaften wurde damals in St. Petersburg geſtiftet, welche eine Menge berühmter Geometer, Aſtronomen und Naturforſcher an ſich zog. Dahin gehörte außer Euler, auch Nicolaus Bernoulli, der Sohn, Daniel Bernoulli, Bilfinger u. a. Man ſuchte, unter andern, einzelnen Theorien der Geometrie und Analyſis eine größere Ausdehnung zu geben, neue Theorien zu entdecken, die vorhandenen zu berichtigen ꝛc., oder auch, ſie auf mancherlei Gegenſtände der Natur und Kunſt anzuwenden. So leuchtete in der Analyſis Euler als ein Stern erſter Größe, während Daniel Bernoulli, weniger ausgezeichnet als tiefſinniger Geometer, wie durch Freiheit des Geiſtes, ein vorzügliches Talent hatte, die analytiſche Geometrie auf die Phyſik anzuwenden, um dieſe Wiſſenſchaft durch ſcharfe Rechnungen immer tiefer zu begründen.

§. 162.

Schon im einundzwanzigſten Jahre ſeines Alters, im Jahr 1728, gab Euler eine neue und allgemeine Methode, ganze Claſſen von Differentialgleichungen der zweiten Ordnung, die gewiſſen Bedingungen unterworfen ſind, zu integriren. Nachdem der italieniſche Graf Fagnani, welcher ſeinem in der Geometrie und Analyſis ſo berühmten Landsmanne Manfredi zur Seite ging, unter andern die Integralrechnnng ſchon im Jahr 1718 mit vieler Geſchicklichkeit auf die Bögen der Ellipſe, Hyperbel und Parabel angewandt hatte, ſo nahm Euler im Jahr 1756 dieſelbe Materie vor, und gerieth dabei nicht blos auf einen neuen Weg, ſondern erfand zugleich eine Methode, eine ſehr ausgebreitete Claſſe abgeſonderter Differentialgleichungen zu integriren, deren beide Glieder jedes für ſich zwar nicht integrabel ſind, aber doch zuſammen ein durchaus integrables Ganzes bilden.

Bei der Aufgabe von den Tautochronen verlangte man eine krumme Linie von ſolcher Beſchaffenheit zu finden, daß ein ſchwerer längs ihrer concaven Seite herabfallender Körper immer in einerlei Zeit bei dem tiefſten Punkte derſelben anlangt, von welchem Punkte der Curve er auch zu fallen anfinge. Huyghens hatte gefunden, daß die Cycloide die tautochroniſche Curve im leeren Raume ſey. Newton, Euler und Johann Bernoulli erweiterten das Feld der Tautochrone, indem ſie dieſelbe von mehreren Geſichtspunkten betrachteten. Noch weiter ging Fontaine im Jahr 1734, ſowie Taylor. Aber erſt Euler ſetzte dieſe ganze Lehre im Jahr 1764 in das helleſte Licht; er erläuterte nicht blos alle ſchon aufgelößte Fälle, ſondern führte auch

noch ſehr intereſſante neue auf, die er ſehr einfach und klar entwickelte, ſo ſchwer ſie auch im Ganzen ſeyn mochten. Lagrange und d'Alembert haben ſich in der Folge mit ähnlichen Aufgaben beſchäftigt.

§. 163.

Unter die wichtigſten mathematiſchen Entdeckungen, die man hauptſächlich dem Euler verdankt, gehört auch die Algebra der Sinus und Coſinus, ein Abkürzungsmittel für manche Theile der Mathematik, beſonders für die phyſiſche Aſtronomie. Man kommt, durch die Combination der Bögen, der Sinus, der Coſinus und ihrer Differentiale auf Formeln, wobei in mehreren Fällen die Integrir-Methoden leicht anzuwenden ſind; und eben dadurch geräth man auf eine Menge nützlicher Aufgaben, die man nun ohne gar zu ſchwierige und weitläuftige Rechnungen aufköſen kann.

Wo ſtrenge Auflöſungen nicht möglich ſind, da mußte man freilich durch Näherungsmethoden ſich behelfen, ſo, daß man der Wahrheit möglichſt nahe kam, wenn man ſie auch nicht völlig erreichte. Die vornehmſte Grundlage ſolcher Methoden iſt die Theorie der unendlichen Reihen. Zwar haben die Engländer, z. B. Newton, Wallis, Stirling ꝛc. dieſen Zweig der Analyſis mit vielem Erfolg bearbeitet, aber kein Mathematiker hat es doch weiter darin gebracht, als Euler, wie ſchon die Sammlungen der Akademie zu St. Petersburg und Berlin, ſowie ſeine beſonders erſchienenen Werke, die mit analytiſchen Erfindungen von jener Art angefüllt ſind, auf das Vollſtändigſte ausweiſen.

§. 164.

Im Jahr 1736 machte Euler auch den Anfang einer

Entdeckung, die für die Mathematik von den herrlichſten Folgen war; er fand nämlich ein charakteriſtiſches Merkmal, woran man erkennen konnte, ob eine Gleichung in dem Zuſtande, worin ſie ſich befindet, unmittelbar integrabel iſt, oder ob ſie dazu einer Vorbereitung bedarf. Durch ein ſolches Merkmal ſparte man viele vergebliche, ſonſt bei der Rechnung vorkommende Verſuche. Fontaine und Clairaut machten im Jahr 1739 ſchöne Anwendungen von dieſer Eulerſchen Entdeckung, und erweiterten ſie zugleich noch.

Im Jahr 1763 fand Euler auch die Bedingungen der Integrabilität für die Differentialgleichungen der höhern Ordnung. Er machte damit den geſchickten Condorcet bekannt, aber ohne ihm die Beweiſe wiſſen zu laſſen. Condorcet entdeckte ſie indeſſen ſelbſt auf einem einfachen Wege; ja er gab der Eulerſchen Entdeckung noch eine weitere Ausdehnung. Schade, daß dieſer ſcharfſinnige Mathematiker durch die Stürme der franzöſiſchen Revolution ſeiner Wiſſenſchaft entfremdet wurde und im Jahr 1794 in dieſen Stürmen mit unterging.

§. 165.

Die ſogenannte iſoperimetriſche Aufgabe (oder die Aufgabe über Größen von gleich großem Umfange), die zu der Lehre vom Größten und Kleinſten gehört, war von den Gebrüdern Jacob und Johann Bernoulli mit dem größten Eifer bearbeitet worden. Nun beſchäftigte ſich aber auch Euler mit vorzüglichem Erfolge damit, wie ein eigenes berühmtes Werk von ihm beweiſt, das im Jahr 1744 herauskam. Er betrachtete die krummen Linien, denen jene Unterſuchungen gewidmet waren, von mehreren Geſichtspunk-

ten und brachte überall eine Menge ſehr nützlicher und ſinnreicher Anwendungen bei. So fand er z. B. daß der Kreis unter allen krummen Linien von gleichem Umfange die Eigenſchaft hat, den größten Raum einzuſchließen.

Im Jahr 1764 vereinfachte Euler jene Aufgaben noch mittelſt der, eigentlich im Jahr 1760 von la Grange erfundenen ſogenannten Variationsrechnung. Er hat dieſe Methode in mehreren Abhandlungen der Petersburger Commentarien, ſowie in einem Anhange zum dritten Bande ſeiner Integralrechnung genau entwickelt.

§. 166.

Viviani's Problem von der Quadratur des als eine Halbkugel geſtalteten Gewölbes hatte ſchon im Jahr 1718 einem zwar geſchickten, aber wenig bekannten Geometer, Ernſt Offenburg zu der Aufgabe veranlaßt: ein hemiſphäriſches Gewölbe mit einer beliebigen Anzahl ovaler Fenſter unter der Bedingung zu durchbrechen, daß ihre Peripherien durch algebraiſche Größen ausgedrückt würden. Begreiflich gehören die verlangten krummen Linien, welche von der Durchſchneidung der Kugel entſtehen, zu den Curven von doppelter Krümmung.

Hermann, der im Jahr 1726 dieſes allerdings ſinnreiche und ſchwere Problem betrachtete, hielt die verlangten krummen Linien für ſphäriſche Epicycloiden, und für algebraiſch rectificabel. Johann Bernoulli zeigte im Jahr 1732, daß dies in den meiſten Fällen irrig, und nur in einzelnen beſondern Fällen möglich ſey. Er ſelbſt gab nicht nur die wahre algebraiſche und rectificable Epicycloide an, ſondern lößte überhaupt das Offenburgiſche Problem völlig.

In der Folge löſte der berühmte Maupertuis in Frankreich daſſelbe von Bernoulli ihm zugeſchickte Problem auf. Auch Nicole und Clairaut beſchäftigten ſich damit. Letzterer machte ſich noch durch verſchiedene andere ähnliche analytiſch-geometriſche Unterſuchungen bekannt.

§. 167.

Euler kam im Jahr 1734 ſchon auf Spuren derjenigen Rechnung, welche man die Integralrechnung der partiellen Differenzen nennt. Aber erſt d'Alembert, der hochberühmte franzöſiſche Geometer, welcher im Jahr 1783 ſtarb, ſchuf doch dieſe Rechnungsart eigentlich erſt. Durch dieſelbe will man nämlich eine Function mehrerer veränderlicher Größen finden, wenn man die Relation der Coefficienten kennt, womit die Differentiale der veränderlichen Größen verſehen ſind, woraus jene Function zuſammengeſetzt iſt.

Taylor beſtimmte diejenige krumme Linie, welche eine durch ein gegebenes Gewicht geſpannte ſchwingende Saite bildet. Er fand, daß ſie eine ſehr länglichte Trochoide (eine Art länglichter Cycloide) ausmachte. Nach dieſer Beſtimmung gab er die Länge des einfachen Pendels an, welche dieſelben Oſcillationen in derſelben Zeit macht, wie die ſchwingende Saite die ihrigen. Mehrere andere Geometer, denen dieſes Problem gefiel, vornehmlich d'Alembert, Euler und Daniel Bernoulli, beſchäftigten ſich in den Jahren 1747 bis 1760 gleichfalls mit demſelben und brachten wirklich ſehr intereſſante, auch für die Theorie des Schalls, namentlich der Muſik, nicht unwichtige Reſultate zum Vorſchein. Und ſo wurden die verſchiedenen Lehren der höhern

Analyſis durch die Bemühungen jener Männer, ſowie auch durch la Grange, la Place, la Croix, Lexell, Lorgna, Cramer, Bezout, Couſin, Gauß, Pfaff, Hindenburg, u. a. immer weiter gebracht.

§. 168.

Daß die Italiener im achtzehnten Jahrhundert Mathematiker hatten, die in der höhern Analyſis und Geometrie ſehr erfahren waren, zeigen ſchon die Namen Manfredi, Viviani, Lorgna u. a. In der neueſten Zeit wurden vornehmlich Vincenzio Flauti, Franchini von Lucca, der Marcheſe Rangoni, Ciſa de Greſy, Carlini, Frullani und Libri in jenen Wiſſenſchaften berühmt. So wandte z. B. Franchini die Theorie des la Place von der **Fractio generatrix** in der Probabilitäts-Rechnung trefflich an, eine Theorie, um deren Ausbildung Rangoni ſich viel Verdienſt erwarb. So ſtellte Ciſa de Greſy über Zerlegung der gebrochenen Exponenten, Carlini über Convergenz der Reihen u. dgl. ſehr ſcharfſinnige Unterſuchungen an. Das Hauptfach der italieniſchen Mathematiker war freilich die Mechanik, und zwar insbeſondere die Hydraulik.

§. 169.

Wenn auch ſchon in ältern Zeiten manche Unterſuchungen über die verſchiedene Verſetzung von allerlei Dingen angeſtellt ſeyn mögen, ſo iſt doch die eigentliche Combinationslehre erſt im ſechszehnten Jahrhundert gegründet worden. Im Jahr 1559 gab Johann Butro alle mögliche Würfe an, die man mit vier Würfeln thun konnte. Vieta hatte ſich ſchon vor dem Jahr 1616 mit Combinationen beſchäftigt, und Harriots ganze Algebra beruhte

auf Combinationen von Wurzeln der Gleichungen. Paſcal, Fermat und Merſenne betrachteten die Combinationen; erſtere beide beſonders in Hinſicht der Wahrſcheinlichkeit bei Spielen, letzterer in Hinſicht muſikaliſcher Töne. Guldin berechnete die Menge der Wörter, die aus 23 Buchſtaben zuſammengeſetzt werden; er fand, daß ſie über 25 Trillionen Bände von 1000 Seiten, jede Seite von 100 Zeilen und jede Zeile zu 60 Buchſtaben anfüllen würden. Aehnliche Berechnungen, die zu ähnlichen ungeheuren Reſultaten führten, ſtellte Preſtet an.

Van Schooten, Leibnitz, Wallis, Jacob Bernoulli und Euler ließen gleichfalls die Combinationen nicht unberührt. Dir arithmetiſchen Combinationen erweckten in Leibnitz, welcher ſich damit ſchon in ſeinem zwanzigſten Jahre (im Jahr 1666) ſehr ernſtlich beſchäftigt hatte, die Idee von einer höhern Combinirkunſt und einer combinatoriſchen zu großen philoſophiſchen Erfindungen dienenden Charakteriſtik. Die eigentliche reine combinatoriſche Analyſis aber gründete erſt Hindenburg in Leipzig ums Jahr 1779. Er ſelbſt ſowohl, wie andere, z. B. Eſchenbach im Jahr 1789, Fiſcher im Jahr 1792, Rothe und Töpfer im Jahr 1793, Burckhardt im Jahr 1794; Stahl und Weingärtner im Jahr 1800, Jungius im Jahr 1806 u. a. brachten nach und nach mehr Klarheit in dieſe Lehre, und bereicherten ſie mit mancherlei neuen Anſichten oder Erfindungen.

§. 170.

Eine beſondere Rechnungsart, die man der neuern Zeit verdankt, iſt die Derivationsrechnung; in ihr entwickelt

man nämlich eine Funktion einer veränderlichen Größe oder mehrerer veränderlichen Größen ſo, daß die Glieder der entwickelten Funktion nach einem beſtimmten Geſetze von einander hergeleitet werden. Schon vor der Mitte des achtzehnten Jahrhunderts hat Segner in Göttingen eine dieſer Rechnung ähnliche Methode angewandt, ein Polynomium auf eine unbeſtimmte Potenz zu erheben. Die eigentliche Derivationsrechnung aber hat Arbogaſt in Straßburg zuerſt ums Jahr 1800 bekannt gemacht, und bei verſchiedenen ſchweren analytiſchen Entwickelungen gebraucht. Hindenburg verglich im Jahr 1801 und noch genauer im Jahr 1803 dieſe Derivationsrechnung mit ſeiner combinatoriſchen Analyſis.

So ſtehen denn jetzt auch die verſchiedenen Zweige der höhern Analyſis auf einer bedeutenden Höhe. Daß ſie noch höher ſteigen werden, läßt ſich von der Lebendigkeit des menſchlichen Geiſtes und dem ſteten Fortſchreiten der menſchlichen Kenntniſſe wohl erwarten.

Zweite Abtheilung.

Geſchichte der angewandten Mathematik.

Digitized by Google

Zweite Abtheilung.
Geſchichte der angewandten Mathematik.

Erſter Abſchnitt.
Geſchichte der mechaniſchen Wiſſenſchaften.

§. 1.

Die Mechanik oder die Lehre vom Gleichgewicht und der Bewegung der Körper iſt, beſonders für das praktiſche Leben, eine der nützlichſten Wiſſenſchaften, welche es giebt. Da alle Körper entweder feſt oder flüſſig ſind, ſo theilt man dieſe Wiſſenſchaft in die Mechanik der feſten und flüſſigen Körper ein, und bei jedem dieſer Theile macht man wieder die Zergliederung in die Lehre vom Gleichgewicht und in diejenige von der Bewegung. Da ferner aber auch die flüſſigen Körper in Hinſicht mancher ihrer Eigenſchaften wieder verſchieden ſind, da es tropfbare ſogenannte unelaſtiſche Flüſſigkeiten (z. B. Waſſer), elaſtiſche dampfförmige Flüſſigkeiten (z. B. Waſſerdämpfe, die ihre Dampfform, folglich auch ihre Elaſticität, wieder verlieren und wieder tropfbar werden können) und luftförmige oder permanent elaſtiſche Flüſſigkeiten (wie z. B. unſere atmoſphäriſche Luft) giebt, ſo hat man alle mechaniſche Wiſſenſchaften eingetheilt: in die Statik oder die Lehre von dem Gleichgewicht feſter Körper; in

die Mechanik oder die Lehre von der Bewegung feſter Körper; in die Hydroſtatik oder die Lehre von dem Gleichgewicht tropfbar flüſſiger Körper; in die Hydraulik oder die Lehre von der Bewegung tropfbar flüſſiger Körper; in die Aeroſtatik oder die Lehre vom Gleichgewicht luftförmiger Körper; in die Pneumatik oder die Lehre von der Bewegung der luftförmigen Körper; und in die Atmometrie oder die Lehre vom Gleichgewicht und der Bewegung der dampfförmigen Körper. — Wenn man nur bedenkt, daß das geſammte Maſchinenweſen zu allen dieſen mechaniſchen Disciplinen gehört, ſo wird man ſchon einſehen, wie umfaſſend ſie ſind.

Wendet man auf die mechaniſchen Disciplinen höhere Mathematik an, ſo theilt man ſie auch wohl, wie es erſt in der neueſten Zeit geſchah, in die Dynamik, in die Hydrodynamik und in die Aerodynamik ein.

Jahrtauſende verſtrichen, ehe alle dieſe Wiſſenſchaften den Grad der Vollkommenheit erreichten, welchen ſie jetzt beſitzen. Die größten Schritte zu dieſer Vollkommenheit thaten ſie erſt ſeit den letzten hundert und funfzig Jahren. Was ſie in dieſer Zeit praktiſch Nützliches leiſteten, umfaßt mehr, als früher in tauſend Jahren geſchah.

§. 2.

Es läßt ſich denken, daß die Menſchen ſchon in uralten Zeiten praktiſche Kenntniſſe in der Mechanik, wenigſtens eine natürliche Mechanik, beſitzen mußten. Um ſchwere Laſten fortzuziehen und in die Höhe zu bewegen, um harte Körper zu zermalmen u. dgl. hatten ſie gewiß ſchon allerley Vortheile ausgeſonnen, die zur Mechanik gerechnet werden kön=

nen, wie Hebel, Walzen, Räder u. dgl.; und wenn man im Homer von den hephäſtiſchen Dreifüßen lieſt, die Vulkan verfertigte und die auf Rädern von ſelbſt hin und her gelaufen haben ſollen; ferner in dem Gellius von der fliegenden hölzernen Taube des Archytas; im Pauſanias von dem durch mechaniſche Kraft ſich emporſchwingenden ehernen Adler; im Polybius von einer künſtlichen kriechenden Schnecke bei einem Prunkaufzuge des Demetrius Phalereus; im Athenäus von allerley hin und her gehenden Figuren mit Lichtern bei einem prächtigen Hochzeitfeſte; im Plato von Statuen, die er ſelbſt verfertigt hatte und die davon liefen, wenn man ſie nicht hielt; u. dgl. mehr: ſo ſollte man denken, daß damals die praktiſche Mechanik ſchon auf eine bedeutende Höhe gebracht worden wäre, weil zu jenen Kunſtwerken (einer Art Automaten oder ſich ſelbſt bewegender Figuren) ſchon allerley mit einander in ſinnreiche Verbindung gebrachte Hebel-, Räder- und Federwerke gehören müßten.

Exiſtirten zur Zeit der alten Griechen auch ſchon mancherley einfachere Arten von Maſchinen, ſo ſcheinen ordentliche mechaniſche Grundſätze doch erſt vom Ariſtoteles, 385 Jahre vor Chriſti Geburt, erfunden worden zu ſeyn. Ariſtoteles war der erſte Schriftſteller in der Mechanik, welchen wir kennen, und auf ſeinen Grundſätzen baute hundert Jahre nachher Archimedes weiter fort; letzterer brachte auch neue wichtige Grundſätze hinzu, und wurde ſo der eigentliche Schöpfer der Mechanik.

§. 3.

Ariſtoteles entdeckte verſchiedene Eigenſchaften des

Kreiſes, die er auf die Bewegung von mancherley Dingen anwandte, und die ſpäter noch auf vieles andere angewandt wurden. So zeigte er, daß in einem Kreiſe, der um ſeinen Mittelpunkt gedreht wird, von zwei Stellen, deren eine entfernter vom Mittelpunkte iſt, als die andere, die entferntere ſich ſchneller bewegt, als die nähere, weil beide in einerley Zeit ganz herumkommen, jene aber dann eine größere Peripherie (einen größern Weg) beſchreibt, als dieſe, und daß daher auch in zwei verſchiedenen Kreiſen die Geſchwindigkeit und Leichtigkeit der Bewegungen wie die Umkreiſe, oder wie die Durchmeſſer ſich verhalten.

Aus dieſer Eigenſchaft des Kreiſes bewieß Ariſtoteles ſchon, warum Waagen mit längern Armen genauer oder empfindlicher ſind, als mit kürzern; warum das aus einer Schleuder geworfene weiter fliegt, als das aus der bloßen Hand geworfene, u. dgl. Auch zeigte er den wichtigen Einfluß derſelben Eigenſchaft auf Hebel; Wellen, Scheiben, Räder u. ſ. w. Er gründete darauf unter andern auch den Satz: je größer die Wagenräder ſind, deſto geſchickter ſind ſie zur Geſchwindigkeit und Leichtigkeit der Bewegung. Selbſt auf Kurbeln (Krummzapfen), womit man manche Maſchinen dreht, hatte er ihn ſchon angewandt. Warum man mit einem kleinen Steuerruder und mit geringer Kraft ein großes Schiff bewegen kann? Warum geworfene Körper nach einiger Zeit aufhören, ſich zu bewegen? Dieſes und noch manches andere waren Fragen, die Ariſtoteles ſchon zu beantworten wußte.

§. 4.

Archytas von Tarent ſoll, ohngefähr 400 Jahre vor

Chriſti Geburt, die bewegliche Rolle erfunden, folglich die erſte Veranlaſſung zum Flaſchenzuge gegeben haben. Ariſtoteles ſtellte über dieſes mechaniſche Rüſtzeug allerley Betrachtungen an, die auf den Hebel und auf ſeine oben angegebenen Grundſätze (§. 3.) ſich ſtützten. Aber erſt Archimedes ging damit genauer und gründlicher zu Werke. Das war auch der Fall mit Haſpel, Walze, Keil und andern ähnlichen mechaniſchen Vorrichtungen.

Ariſtoteles kannte auch ſchon den Grundſatz, daß jede an einem Hebel oder an der Peripherie einer Scheibe, eines Rades u. dgl. angebrachte Kraft ſtärker wirkt, je weiter ſie vom Umdrehungspunkte entfernt iſt. Er machte ſeinen Zeitgenoſſen die Urſache einleuchtend, warum beim Fortziehen eines Schiffs das Seil nicht unten oder in der Mitte des Maſtbaums, ſondern ganz oben feſtgebunden wird; warum das Steuerruder vom Mittelpunkte des Schiffs am entfernteſten ſeyn muß; auf welche Art Hämmer, Meiſel, Aexte, Zangen und andere Werkzeuge verſchiedener Handwerker und Künſtler am vortheilhafteſten für die Kraft gebraucht werden müſſen; u. ſ. w. Auch unterſuchte er die Stärke der Balken, worauf eine Laſt drückt, und ſtellte Betrachtungen über das Brechen derſelben an. So fand er, daß lange Balken ſich mehr biegen, als kurze; und dies alles wollte er gern auf manche Vorfälle des praktiſchen Lebens angewandt wiſſen. Auf eigentliche Beweiſe ließ er ſich freilich beinahe gar nicht ein.

§. 5.

Die Erfindung der wahren Theorie des Gleichgewichts verdanken wir ohnſtreitig dem Archimedes. Dieſer vor-

treffliche Mathematiker ſtellte über eine Waage folgende Unterſuchungen an (wie ſie in ſeinem Buche de Aequiponderantibus vorkommen): Wenn die beiden Arme einer gemeinen Waage, geradlinicht, oder (wie es bei den alten Griechen gewöhnlich war) bogenförmig geſchweift, gleich lang ſind, ſo müſſen für den Zuſtand des Gleichgewichts der Waage auch beide in den Waagſchaalen liegende Gewichte gleich ſeyn; und wenn einer der Arme länger iſt, als der andere, wie bei der ſogenannten Schnellwaage, ſo muß das an dem längern Arme angebrachte Gewicht in demſelben Verhältniß geringer ſeyn, als der lange Arm länger wie der kurze iſt. Und ſo kam er bei einer ungleicharmigen Waage zu dem Schluß, daß zwei an den ungleichen Armen einer ſolchen Waage aufgehängte Gewichte den Armen der Waage umgekehrt proportionirt ſeyn müſſen, wenn das Gleichgewicht ſtatt finden ſoll. — In dieſem Grundſatze iſt wirklich die ganze Theorie des Hebels und aller derjenigen Maſchinen enthalten, welche ſich auf die Lehre vom Hebel gründen.

Archimedes bemerkte auch, daß die beiden Gewichte auf den Unterſtützungspunkt der Waage denſelben Druck ausüben, als wenn ſie unmittelbar an dieſem Punkte angebracht wären. Auch bei drei, vier und mehr Gewichten, die auf einen Punkt drückten, nahm er daſſelbe wahr. Und ſo wurde er auf einen allgemeinen Mittelpunkt der Kraft geführt, den man Mittelpunkt der Schwere oder Schwerpunkt zu nennen pflegt. In der That ſuchte er auch ſchon die Lage eines ſolchen Schwerpunktes in einem Parallelogramme, in einem Dreiecke, in einem Trapez, in einer Parabel u. dgl. zu beſtimmen.

§. 6.

Die Theorie der ſchiefen Ebene, des Flaſchenzugs und der Schraube ſchreibt man gleichfalls dem Archimedes zu, ſowie er auch nicht blos die Schraube, ſondern auch die Schraube ohne Ende erfunden haben ſoll. Die Erfindung der einfachen Schraube allein iſt beinahe für alle Künſte des menſchlichen Lebens von unbeſchreiblichem Nutzen geweſen. Wie häufig wendet man ſie nicht zur Befeſtigung von Sachen, zum Preſſen, Zerdrücken, Ausdrücken ꝛc. an! Und mit welcher Kraft-Erſparniß kann man nicht die Schraube ohne Ende als Hebzeug anwenden! anderer von der Mechanik entfernter liegender Anwendungen (z. B. zu Handwerkszeugen, zu Inſtrumenten für Feldmeſſer und Aſtronomen) nicht einmal zu gedenken.

Archimedes ſelbſt traute ſeinen Maſchinen und ſeinen mechaniſchen Kenntniſſen überhaupt ſo viel zu, daß er dem König Hiero verſicherte: wenn er im Himmelsraume einen feſten Punkt hätte, ſo wolle er die Erde ſelbſt aus ihrer Stelle hinwegrücken können. Und um dem Könige eine Probe von der Möglichkeit ſeiner Behauptung abzulegen, ſo ſoll er ganz allein mit ſeinen Maſchinen, worunter ſich vorzüglich die Schraube ohne Ende befand, ein ſchweres Laſtſchiff vom Lande in's Waſſer gebracht haben.

§. 7.

Ueberhaupt hatte Archimedes eine Menge zuſammengeſetzter Maſchinen erdacht, deren Wirkung mit hoher Bewunderung geſehen wurde. Haſpel und Göpel, die den gemeinſchaftlichen Namen Winde führen, waren ſchon vor Archimedes da. Dieſer aber wußte ſie auf eigne Weiſe

anzuordnen und mittelſt anderer Rüſtzeuge viel kräftiger zu machen. Man ſagt, er habe mittelſt eines Haſpels, zu deſſen Verſtärkung er einen Flaſchenzug, wahrſcheinlich auch eine Schraube ohne Ende gebrauchte, blos mit der linken Hand eine Laſt Getraide von 7000 Scheffeln (Modiorum) herbeigezogen.

Der Haſpel oder diejenige Winde, deren Wellbaum horizontal liegt; wurde von den Griechen ὄνον oder ὄνευον, von den Lateinern Sucula, der Göpel oder diejenigen Winde, deren Wellbaum ſenkrecht ſteht, wurde von den Griechen Ἐργατας, von den Lateinern Ergata genannt. In der Axe des Haſpels ſteckte eine Kurbel zum Drehen, wie noch jetzt bei unſerm Hornhaſpel oder Berghaſpel; oder quer durch die Welle wurden kreuzweis Stöcke geſteckt, woran die Menſchen das Drehen verrichteten, wie bei unſerm Kreuzhaſpel. Bei dem gemeinen Göpel wurden eben ſolche Stöcke auf dieſelbe Art durch den Wellbaum geſteckt; und als man den Göpel von Pferden treiben ließ (als man aus ihm einen Pferdegöpel machte) da gab man dem Wellbaume, wie auch bei den Pferdemühlen oder Roßmühlen, einen langen Hebel zum Anſpannen des Pferdes. Den Haſpel hat man in der Folge auch mit Treträdern oder Laufrädern verſehen; man hat, wie bei den Krahnen und andern zuſammengeſetzten Winden, Flaſchenzüge, gezahnte Räder ꝛc. damit verbunden. Vorzüglich wandte man, damals und ſpäter, zur Griechen- und Römer-Zeit, Winden und andere mechaniſche Rüſtzeuge bei den Kriegsmaſchinen an, bei Schieß- und Wurfmaſchinen (Katapulten und Balliſten), bei Sturmböcken, bei beweglichen Thürmen u. ſ. w.

§. 8.

Berühmt wurde Archimedes auch durch ſeine künſtlichen Sphären oder Planetenmaſchinen, d. h. ſolche Maſchinen, welche die Bewegung der Himmelskörper darſtellen ſollten. Sie beſtanden aus Rädern und Getrieben, welche in einander griffen und deren Anzahl Zähne ſo berechnet worden war, daß ſie kleine künſtliche Weltkugeln nach einem ähnlichen Verhältniſſen herumtrieben, wie es in der Natur im Großen geſchieht.

Die unter dem Namen Räderwerk bekannte Verbindung von Rädern und Getrieben kam ſchon zu Ariſtoteles Zeiten, und wer weiß, wie viel früher, vor; auch ſtellte Ariſtoteles über ſolche Räderwerke ſchon mancherlei nützliche Betrachtungen an. Selbſt ihre Anwendung zu Planetenmaſchinen ſoll vor Archimedes bekannt geweſen ſeyn; denn ſchon Atlas, Calippus, Eudoxus, Autolycus, Soſigenes, Billardus, Pythagoras und Apollo ſollen ſolche bewegliche Sphären gehabt haben. Man kann leicht denken, wie ſehr dieſe Maſchinen bewundert wurden, die man wahrſcheinlich mit der Hand vermöge einer Kurbel in Bewegung ſetzte. Achtzig Jahre vor Chriſti Geburt verfertigte auch Poſidonius eine ſolche künſtliche Sphäre; im dritten chriſtlichen Jahrhundert der Präfect zu Rom Chromatius, ſowie noch ſpäter Boetius, Pacificus, der Kalife Arun al Raſchid u. a. Sie gaben ohnſtreitig zur Erfindung der eigentlichen Uhren (der Räderuhren und zwar der Gewichtuhren) die nächſte Veranlaſſung.

§. 9.

Als Erfinder der Hydroſtatik kann Archimedes gleichfalls angeſehen werden. Das Werk, welches er über dieſen Zweig der Mechanik ſchrieb, kam blos in einer arabiſchen Ueberſetzung zu uns, und wurde aus dieſer Sprache in das Lateiniſche übertragen (De humido insidentibus). Er fand die Gleichheit des Drucks der Waſſertheilchen nach allen Richtungen hin, wodurch die Oberfläche einen horizontalen (waſſergleichen) Stand bekam; er fand, wie die Lage des in Waſſer eingetauchten Theils eines feſten Körpers beſchaffen ſeyn müſſe, wenn der hervorragende Theil mit Sicherheit ſchwimmen ſollte; er fand auch, daß jeder in Waſſer eingetauchte feſte Körper ſo viel von ſeinem Gewichte verlöre, als die aus der Stelle getriebene Waſſermenge beträgt, und wurde auf dieſe Art der Erfinder vom ſpecifiſchen Gewicht der Körper, welches ſpäter genauer entwickelt und mit neuen Anſichten bereichert wurde.

Zu letzterer Entdeckung ſoll unſerm großen Mathematiker folgender Vorfall den Anlaß gegeben haben: Der König Hiero hatte einem Goldſchmiede eine gewiſſe Pfundezahl reines Gold gegeben, woraus dieſer ihm eine Krone verfertigen ſollte. Als die Krone fertig war, argwöhnte der König, das Gold derſelben möge wohl mit anderm geringerm Metalle verfälſcht worden ſeyn. Er beauftragte dem ſo berühmten Archimedes, dies zu unterſuchen. Letzterer kam dadurch in große Verlegenheit, indem er ſein Genie lange vergebens anſtrengte, um dem Verlangen des Königs Genüge zu leiſten. In dieſer Verlegenheit befand er ſich einmal im Bade. Er ſtellte Betrachtungen über die tragende Kraft des

Waſſers, über die Quantität des aus der Stelle getriebenen Waſſers u. dgl. an. Auf einmal führten ihn dieſe Betrachtungen auf das Erforſchungsmittel, ob die Krone aus reinem oder aus verfälſchtem Golde beſtehe. Er ſoll dann plötzlich aus dem Bade geſprungen, in aller Haſt nackend durch die Straſſen von Syrakus gelaufen ſeyn und beſtändig gefunden! gefunden! gerufen haben. Um nun ſeine Entdeckung ſogleich in Anwendung zu bringen, ſo bat er ſich von dem Könige, wie es heißt, eben ſo viel reines Gold und eben ſo viel Silber aus, als die Krone wog. Jedes von dieſen Metallen, ſowie auch die Krone, wog er dann, jedes für ſich, erſt in freier Luft und hierauf im Waſſer ab, um den Gewichtsverluſt im Waſſer zu erforſchen. Weil er nun wußte, daß reines Gold mehr Gewichtsverluſt hatte, als Silber und auch mehr als eine Compoſition von Gold und Silber, ſo beſtimmte er aus dem Verhaltniß der Gewichtsverluſte den Zuſatz, welchen der Goldſchmied der Krone an Silber gegeben hatte. — Da aber der Zuſatz zu dem Golde der Krone auch Kupfer, oder auch unter dem Silber Kupfer ſeyn konnte, ſo war es freilich auch möglich, daß die Reſultate der Verſuche unzuverläſſig ausfielen.

§. 10.

Die Hydraulik iſt ohnſtreitig von den Aegyptiern zu den Griechen übergegangen. Archimedes Waſſerſchraube; Cteſibius Pumpen, Waſſeruhren und Waſſerorgeln; und Hero's Springbrunnen werden noch immer als große hydrauliſche Merkwürdigkeiten angeſehen. Von den Römern wurden die Griechen noch in manchen Zweigen der Hydraulik übertroffen. Wie groß und

ſchön waren nicht z. B. die Waſſerleitungen und Spring=brunnen der Römer. Frontin hat uns darüber manche Belehrung verſchaft.

Mit Archimedes Waſſerſchraube oder Waſſerſchnecke konnte man Waſſer bequem aus tiefer liegenden Gründen auf höher liegende Stellen emporbewegen. Um eine Spindel, die unter einem gewiſſen Winkel gegen den Horizont geneigt iſt, windet ſich nämlich eine Röhre oder ein hohler Gang ſchraubenförmig von unten bis oben herum, und in dieſem hohlen Gange wird das Waſſer von unten an bis oben hin in die Höhe geſchraubt, wenn die Spindel, etwa mittelſt einer oben befindlichen Kurbel in Umdrehung geſetzt wird. Nach Diodors Behauptung erfand Archimedes dieſe Waſſerſchraube auf ſeiner Reiſe nach Aegypten. Da aber Vitruv, der Zeitgenoſſe Diodors, jene Waſſerhebmaſchine nicht mit unter den mannigfaltigen Erfindungen des Archimedes aufführt, und da nach Strabo's Erzählungen die Waſſerſchraube in Babylon und in Aegypten ſchon in den früheſten Zeiten zur Entwäſſerung von Ländereien, Wieſen, Sümpfen und zum Herausheben des Waſſers aus Flüſſen gebräuchlich war, ſo iſt es wahrſcheinlicher, daß Archimedes dieſe Maſchine in Aegypten kennen lernte und daß er ſie mit in ſein Vaterland zurückbrachte.

Bis auf den heutigen Tag gehört die Waſſerſchraube unter die beſſern von allen denjenigen Waſſerhebmaſchinen, womit Waſſer nur auf eine geringe Höhe emporgehoben werden ſoll. Ihre Theorie unterſuchten im achtzehnten Jahrhundert Pitot, Euler, Hennert, Karſten, Bellogrado, Sarbourg, Fourcude, Scherfer, Datzl, Rican=

der, Gerlach u. a. Durch Windflügel in Bewegung geſetzt, gebrauchte man ſie in verſchiedenen Gegenden, vorzüglich in Holland, mit vielem Nutzen zur Entwäſſerung von Ländereien.

§. 11.

Würdige Nachfolger des Archimedes und Mathematiker aus der Alexandriniſchen Schule, die ohngefähr hundert Jahre nach Archimedes lebten, waren Cteſibius und deſſen Schüler Hero. Beiden verdankt man höchſt wahrſcheinlich die Erfindung der Waſſerpumpen, des gekrümmten Hebers und des durch zuſammengedrückte Luft ſpringenden Brunnens, welcher noch immer Heronsbrunnen genannt wird. Cteſibius erfand ſogar ſchon das doppelte Saug- und Druckwerk, oder dasjenige mit zwei Stiefeln, wie wir es noch immer (freilich mit Hinzufügung des Windkeſſels) als Feuerſpritze anwenden. Dazu iſt es auch ſchon zu Herons Zeiten gebraucht worden. Die Urſache des Saugens oder des Emporſteigens des Waſſers in dem unter dem Kolben erzeugten luftleeren Raume wußte man ſich freilich noch nicht zu erklären (§. 49. 139.).

Die Schöpfräder, die Schaufelräder, die Eimerwerke und Paternoſterwerke (Roſenkranzmühlen, Püſchelkünſte) exiſtirten damals ebenfalls ſchon. Wo ſie erfunden worden ſind und wer ſie erfunden hat, wiſſen wir nicht.

§. 12.

Hero beſchrieb ſeine hydrauliſchen Erfindungen in einem eignen bis auf unſere Zeiten ſich erhaltenen Werke (Pneumatica sive Spiritalia). Vitruv beſchrieb ſie in ſeiner

Baukunſt ebenfalls. Auch über die Theorie der Mechanik hatte Hero ein Buch geſchrieben, das aber nur ſtückweiſe und verſtümmelt auf unſere Zeiten gekommen iſt. Was wir davon noch haben, verdanken wir dem Pappus (im achten Buche ſeiner Sammlungen).

So kommen daſelbſt ſinnreiche Betrachtungen über die ſchiefe Ebene vor; z. B. die Kraft zu finden, mit welcher eine Laſt auf der ſchiefen Ebene, die irgend einen ſpitzigen Winkel mit dem Horizonte macht, bewegt wird. Ferner trift man darin Betrachtungen über gezahnte Räderwerke in Verbindung mit der Schraube ohne Ende an, um vermöge einer ſolchen Vorrichtung eine gegebene Laſt mit einer gegebenen Kraft zu bewegen u. dgl.

§. 13.

Unter die hydrauliſchen Erfindungen der Alten gehören vorzüglich auch die Waſſeruhren oder Clepſyder, welche man, ſtatt der Sonnenuhren, zur Zeitbeſtimmung (als Zeitmaaß) anwandte. Waſſeruhren, ſowie auch Sanduhren, waren ſchon in den älteſten Zeiten bei den aſiatiſchen Völkern in Gebrauch. Die Chaldäer, Aegyptier und Chineſer bedienten ſich ihrer, ſo weit man nur hinauf denken kann. Wahrſcheinlich nahmen ſie mit der älteſten Sternkunde zugleich ihren Urſprung, und die Griechen erhielten ſie zunächſt von jenen Völkern.

Sehr einfach waren die erſten Waſſeruhren, ſelbſt noch diejenigen der alten Griechen, gewiß. Aus einer Urne oder Schaale floß das Waſſer nur in kleinen Tropfen, gleichſam verſtohlner Weiſe heraus; und davon erhielt die Vorrichtung auch den Namen Clepſyder, κλέψυδρον,

von κλέπτειν ſtehlen, und ὕδωρ das Waſſer. So zeigte denn die immer niedriger ſinkende Oberfläche des Waſſers die Zeit des Tages an dem Gefäße an, wo an der Seite deſſelben die Stunden verzeichnet waren. Durch einen Diener, εφύδωρ, Eingießer des Waſſers, wurde das Gefäß wieder gefüllt, wenn es leer geworden war.

§. 14.

Mancherlei ſinnreiche Verbeſſerungen wurden bald nachher mit den Waſſeruhren vorgenommen; auch kamen ſehr ſchöne künſtliche Arten derſelben zum Vorſchein. So mußte z. B. das Waſſer eine kleine menſchliche Figur, welche einen Stab in der einen Hand hielt, gleichmäßig langſam an einer Säule hinauftreiben, woran die Stunden des Tages verzeichnet waren. Die Figur deutete dann mit ihrem Stabe die jedesmalige Stunde an. Aus den Augen der Figur tröpfelte das Waſſer in das Behältniß, worin ſie ſchwamm, gleichſam als Thränen über die verlorne Zeit. Man machte ſogar ſchöne Waſſeruhren mit Räderwerken, und zwar ſolche, wodurch zugleich kleine Kugeln in ein metallenes Becken fielen und darin ſo vielfach einen Schall verurſachten, als Stunden des Tages verfloſſen waren. So war alſo die Waſſeruhr zugleich eine Schlaguhr. Der Kalife Harun al Raſchid ließ eine ſolche künſtliche Waſſeruhr noch zu Anfange des neunten Jahrhunderts für Karl den Großen zum Geſchenk verfertigen.

Vorzüglich berühmt in der Erfindung künſtlicher Waſſeruhren, ſowie auch der Waſſerorgeln (worin Luft, durch Waſſer zuſammengedrückt, Töne hervorbrachte,) war Cteſibius, ohngefähr 245 Jahre vor Chriſti Geburt; nach ihm

Hero von Alexandrien. Später richtete man die Waſſeruhren auch ſo ein, daß ſie durch Beihülfe gezahnter Räder und Getriebe die Bewegung der Himmelskörper im Kleinen nachahmen mußten. Alsdann machten ſie künſtliche aſtronomiſche Uhren aus. Vitruv hat Uhren von dieſer Art beſchrieben. In Rom zeigte P. Corn. Scipio Naſika im 594ſten Jahre nach Erbauung der Stadt (ohngefähr 157 Jahre vor Chriſti Geburt) die erſte Waſſeruhr. Nach und nach wurden ſie hier und an andern Orten allgemeiner. Julius Cäſar fand ſie in England und in manchen andern Ländern, wohin er durch die Gewalt der Waffen kam. Alle dieſe Waſſeruhren wichen immer, bald mehr, bald weniger in ihrer Einrichtung von einander ab, ſowie es auch mit den Waſſeruhren des Ariſtoteles, Athenäus und verſchiedenen andern der Fall geweſen war.

§. 15.

In den chriſtlichen Jahrhunderten machten beſonders die Mönche in den Klöſtern von Waſſeruhren Gebrauch. Boetius war zu Anfang des ſechſten Jahrhunderts in Verfertigung der Waſſeruhren (ſowie mancher anderer mechaniſcher Werke) berühmt. Selbſt die Aſtronomen der damaligen und der ältern Zeit, wie Ptolemäus, wandten die Waſſeruhren bisweilen zu ihren Beobachtungen an. Das thaten auch die Aſtronomen der folgenden Jahrhunderte bis zu der Zeit, wo die Gewicht-Räderuhren erfunden wurden.

Im neunten Jahrhundert machte Pacificus zu Verona, und Leo in Conſtantinopel vortreffliche Waſſeruhren. Aber ſelbſt nach Erfindung der eigentlichen Räderuhren behalfen ſich Viele noch lange Zeit mit Waſſeruhren, die zum

Theil richtiger gingen, als die erſten noch unvollkommenen Gewichtuhren. Sogar in neuerer Zeit ſah man hin und wieder noch Waſſeruhren, und oft ſehr ſinnreiche, der Curioſität wegen verfertigen und gebrauchen, wie z. B. die ums Jahr 1663 in Italien erfundene und von Carl Bailly in Frankreich ums Jahr 1690 verbeſſerte, wo Waſſer, in Fächer einer Trommel eingeſchloſſen, durch eigenmächtige Verrückung des Schwerpunkts, die Trommel um ihre Axe dreht und ſie zugleich an Schnüren neben den Stundenabtheilungen einer Säule herabſenkt.

Caſpar Schott, Athanaſius Kircher, Philipp Harsdörfer, Franciscus Tertius de Lanis, Martinelli, Ozanam, Perrault u. a. beſchrieben ſchon im ſechszehnten und ſiebzehnten Jahrhundert manche recht künſtliche Arten von Waſſeruhren. — In China und in Indien kommen ſie in gegenwärtiger Zeit noch häufig vor.

§. 16.

Man muß ſich billig wundern, daß Waſſeruhren und Planetenmaſchinen mit Räderwerk, ſelbſt Schrittzähler und Wegmeſſer (Abthl. I. §. 115.) ſo lange exiſtirten, ehe die wirklichen Gewicht=Räderuhren (Thurmuhren und Wanduhren) zum Vorſchein kamen. Der Gedanke, ein trocknes Gewicht, z. B. ein Stück ſchweres Metall, einen Stein und dergleichen zur Bewegung in einander greifender Räder anzuwenden, war leicht auszuführen. Am ſchwerſten mußte es dem Erfinder der Uhren ſeyn, die Räder durch das Gewicht ſo langſam umtreiben zu laſſen, daß die Axe von einem Rade den Zeiger tragen konnte, welcher die Stunden des

Tages angab, und daß eine gewiſſe Zeit, z. B. eine Zeit von 12 oder von 24 Stunden verfloß, ehe man das Gewicht von neuem aufzuziehen brauchte. Dies bezweckte er mittelſt der Hemmung (Stoßwerk, Echappement) oder derjenigen Vorrichtung, welche aus dem Steigrade beſtand, in deſſen ſchräge ſägenförmige Zähne ein bewegliches, fortzuſtoßendes und ſtets wiederkehrendes Hinderniß (eine Spindel mit Lappen oder Flügeln) eingriff.

Leider! kennen wir weder den Erfinder ſolcher Uhren, noch auch die Zeit der Erfindung. Nur ſo viel läßt ſich mit Gewißheit behaupten, daß vor dem eilften Jahrhundert keine wirkliche zur Zeitbeſtimmung dienende Gewicht-Räderuhr exiſtirte. Alle Uhrwerke, welche früher da waren, konnten nichts anders ſeyn, als Waſſeruhren oder als Planetenmaſchinen.

§. 17.

Die älteſten Uhren, wie z. B. diejenigen des Abtes Wilhelm zu Hirſchau, waren nicht blos Gehuhren, ſondern auch Schlaguhren mit einer Glocke, woran ein Hammer dieſelbe Anzahl von Stunden ſchlug, welche der Zeiger auf dem Zifferblatte angab. Ueberhaupt waren die erſten Uhren in den Klöſtern anzutreffen; aber im eilften, ja ſogar im zwölften Jahrhundert noch äußerſt ſelten. Daß ſie noch ſehr unvollkommen waren, läßt ſich aus dem damaligen Zuſtande der mechaniſchen Künſte leicht begreifen. Eben deswegen durften auch Küſter oder Meßmer der Klöſter ſich nicht allein auf die Uhr verlaſſen, wenn die Mönche geweckt werden ſollten, ſondern ſie mußten auch nach den Geſtirnen des Himmels ſehen, um aus deren Stande die Zeit zu beurtheilen.

Nicht genug, daß man nicht anzugeben weiß, in welchem Lande Europas die Uhren erfunden worden ſind, ſo iſt es ſogar zweifelhaft, ob überhaupt ein Europäer ſie erfunden habe; ja, es ſind ſogar einige Gründe vorhanden, daß wohl auch ein Sarazene der Erfinder ſeyn könnte. Wir wiſſen wenigſtens, daß die Uhren zu der Zeit, wo ſie in Europa noch ſehr ſelten waren, ſich ſchon in Aegypten befanden, und daß die vollſtändigſte Uhr, wovon man Zeugniſſe beibringen kann, diejenige geweſen iſt, welche der Sultan in Aegypten im Jahr 1232 an Kaiſer Friedrich II. zum Geſchenk überſandte. Nach der Erzählung des Trithemius (in der Hirſchauſchen Chronik von jener Zeit) hatte dieſe außerordentlich künſtliche durch ein trocknes Gewicht bewegte Uhr, welche nicht nur die Stunden des Tages und der Nacht angab, ſondern auch den Lauf der Himmelskörper zeigte, einen Werth von fünftauſend Dukaten; eine ungeheure Summe für die damalige Zeit!

§. 18.

Im dreizehnten Jahrhundert redeten die Schriftſteller ſchon häufiger von Uhren. Manche Kirchthürme erhielten damals dieſe Zeitmeſſer, als öffentliche Uhren, welche dem Publikum die Zeit des Tages nicht blos durch Zeiger auf dem Zifferblatte, ſondern auch durch Schläge an eine Glocke kund thaten. Der berühmte italieniſche Dichter jenes Jahrhunderts Dante Alighieri, ferner Wilhelm Alvernus und Faminius Straba ſprechen unter andern von wirklichen Schlaguhren, wie ſie in Italien vorhanden waren, wie aber auch ſchon England, Frankreich, Deutſchland und andere Länder ſie hatten.

Im vierzehnten Jahrhundert wurden ſie erſt mehr als öffentliche Uhren in Städten gebraucht. Dieſes Jahrhundert hatte an dem Paduaner Jakob de Dondis einen ſo berühmten Uhrmacher, daß derſelbe mit ſeinen Nachkommen den Beinamen Horologus bekam. Er war aber kein handwerksmäßiger Uhrmacher, ſondern ein wiſſenſchaftlich gebildeter Mechaniker, auch Aſtronom, Philoſoph und Naturforſcher überhaupt. Eine für die damalige Zeit vortreffliche Uhr von ſeiner Hand erhielt Padua im Jahr 1344. Ueberhaupt gedenken der Uhren des vierzehnten Jahrhunderts mehrere Schriftſteller aus jener Zeit, z. B. der Engländer Rymer, der Franzoſe Froiſſard, der Italiener Sacco und mehrere andere.

§. 19.

Daß Deutſchland im vierzehnten Jahrhundert ſehr geſchickte Uhrmacher hatte, möchte wohl der Vorfall mit dem deutſchen Künſtler Heinrich von Wick beweiſen, den der König von Frankreich Karl V. im Jahr 1364 nach Paris kommen ließ, um für das königliche Schloß eine Uhr zu verfertigen. Dieſe Uhr wurde im Jahr 1370 auf das Schloß geſetzt, und während der ganzen Zeit wurde dem deutſchen Künſtler viele Ehre erwieſen. In demſelben Jahrhundert hatten mehrere deutſche Städte, wie Breslau, Augsburg, Straßburg ꝛc. öffentliche Uhren bekommen; und die berühmten deutſchen Aſtronomen des funfzehnten und ſechszehnten Jahrhunderts, wie Regiomontan, Walther, Tycho de Brahe, Schoner, Purbach u. a. gebrauchten ſie auch als Zeitmeſſer bei ihren Beobachtungen.

Ein Deutſcher, Peter Hele in Nürnberg, wurde ja

auch im Jahr 1500 der Erfinder der Taſchenuhren (Sackuhren) und der tragbaren Uhren überhaupt. Man nannte erſtere wegen ihrer ovalen Form lebendige Nürnberger Eyer. Das ſchwierigſte bei der Erfindung dieſer Uhren war eine bewegende Kraft, die ſich in einem engen Raume ſo einſchließen ließ, daß ſie die Uhr 24 Stunden lang und länger im Gange erhielt, ehe man nöthig hatte, ſie wieder an den Anfangspunkt des Ziehens zu bringen, und daß dies geſchehen konnte, man mochte die Uhr in eine Lage bringen, in welche man wollte. Der Erfinder hob dieſe Schwierigkeiten glücklich, indem er eine dünne und ſchmale ſpiralförmig zuſammengewundene Stahlfeder in ein cylindriſches Gehäuſe (die Trommel) einſchloß, worin ſie durch das ſogenannte Aufziehen noch enger zuſammengewickelt wurde, ſo daß ſie, durch das allmählige Wiederausbreiten in ihrem Gehäuſe, vermöge ihrer Elaſticität auf das mit jenem Gehäuſe verbundene Räderwerk der Uhr wirkte und es gehörig in Thätigkeit ſetzte.

§. 20.

Die erſten Uhren waren blos Stundenuhren, d. h. ſolche Uhren, welche keine kleinere Theile des Tages angaben, als Stunden. Die erſten Gewichtuhren (Thurmuhren und Wanduhren) hatten einen mit der Spindel verbundenen Balancier, welcher ſtets hin und her geworfen wurde, ſowie das Steigrad die Spindel hin und her trieb. Auch die erſten Taſchenuhren hatten einen ähnlichen kleinen mit einem löffelförmigen Ende verſehenen Hebel, der auf dieſelbe Art hin und her ging. Dieſer Hebel wurde bei den Taſchenuhren

etwas ſpäter mit einem kleinen Schwungrade (der Unruhe) vertauſcht.

Der Bau dieſer Uhren war freilich, ſo ſchön die Erfindung derſelben an ſich auch ſeyn mochte, noch unvollkommen; denn ſowohl die Ungleichheiten der bewegenden Kraft, beſonders bei den Federuhren, als auch die Ungleichheiten im Räderwerke, die Veränderungen der Wärme und Kälte in den verſchiedenen Jahreszeiten u. dgl. wirkten ungleichförmig bis zu dem Zeiger hin. Doch war die daraus entſpringende Veränderung im Gange für das gemeine Leben um ſo weniger bemerkbar, da die Uhren keine kleinere Theile als Stunden zeigten. Nur zum aſtronomiſchen Gebrauch waren kleinere Zeittheile, Minuten und Sekunden, unumgänglich nothwendig. In der That hatte der berühmte Aſtronom Walther im Jahr 1484 ſchon Gewichtuhren, die nicht blos Minuten und Sekunden, ſondern ſogar Viertelſekunden zeigten. Solcher Uhren bediente ſich unter andern auch Tycho de Brahe und Purbach. Da mußten freilich die erwähnten Ungleichheiten auffallender ſeyn; das waren ſie nicht ſelten in dem Grade, daß die Aſtronomen bei ihren Beobachtungen lieber Sanduhren, oder Queckſilberuhren (eine Art Clepſyder) oder ſonſtige Hülfsmittel für die feinere Zeitmeſſung anwandten.

§. 21.

Die erſten Uhren waren freilich ſo koſtbar, daß in der Regel nur Fürſten und Mönche Nutzen von ihnen ziehen konnten. Indeſſen kamen ſie doch nach der Mitte des funfzehnten Jahrhunderts ſchon in die Häuſer mancher reicher Privatleute. Man fand ihren Bau und Mechanismus ſo künſtlich, daß es ſelbſt Mathematikern oft ſchwer war, ihn gehörig zu

begreifen, und daß Schriftſteller, wie z. B. Cardan, nur verworrene Beſchreibungen davon gaben. Wie ſehr hat ſich dies bis auf die neueſte Zeit geändert, wo die Uhren bei einem vollkommern Bau ſogar mehr Theile erhielten und manche derſelben recht künſtlich eingerichtet wurden!

Die meiſten Uhren der ältern Zeit wieſen und ſchlugen die Stunden nach italieniſcher Art, nämlich von 1 bis 24. Des Abends nach Sonnen-Untergange fingen ſie an von 1 zu zählen und den andern Tag mit dem Untergange der Sonne zeigten und ſchlugen ſie 24. Daß dieſe Art der Stunden-Zählung abgeſchafft wurde, ſcheint eine Folge der Reformation geweſen zu ſeyn. So wurde z. B. in Breslau ſchon im Jahr 1580 durch ein Raths-Decret jene Zählungsart abgeſchafft, und dafür die ſogenannte halbe Uhr eingeführt, welche von 1 bis 12 und dann wieder von 1 bis 12 zeigte und ſchlug. In andern Städten geſchah um dieſelbe Zeit oder etwas ſpäter daſſelbe.

§. 22.

Mit den Taſchenuhren wurde, ſpäteſtens entweder zu Ende des ſechszehnten oder zu Anfange des ſiebzehnten Jahrhunderts, durch Anbringung der Schnecke eine bedeutende Verbeſſerung vorgenommen. Der Zug der Feder wirkte nämlich ungleichförmig auf das Räderwerk, folglich auch auf den Gang der Uhr. Gleich nach dem Aufziehen, wo alle ihre Gänge noch vollſtändig um einander herumgewunden ſind, zieht ſie ſtärker, und wenn ſie bald abgelaufen iſt und die enger umeinander gewundenen Gänge ſich beinahe wieder ausgebreitet haben, zieht ſie ſchwächer; in jenem Falle mußte daher die Uhr zu geſchwind, in dieſem zu langſam gehen.

Die Schnecke aber, welche eine Zwiſchen=Vorrichtung zwiſchen dem Federhauſe und dem erſten Rade der Uhr iſt, corrigirte dieſe Ungleichheit. Sie wurde anfangs vermöge einer feinen Darmſaite, ſpäter vermöge einer feinen Gelenk=Kette ſo mit dem Federhauſe verbunden, daß, wenn die Kraft der Feder das Federhaus langſam herumdrehte, auch die Schnecke und das an ihr ſitzende Rad ſich mit herumbewegen mußte. Die Gänge der Schnecke, um welche Saite oder Kette durch das Aufziehen herumgeſchlagen wurde, wirkten als Hebelsarme der Kraft (der Federkraft) von verſchiedener Länge auf die Umdrehungsaxe der Schnecke; der oberſte Gang war der kleinſte, der unterſte der längſte Hebelsarm. Wenn alſo die Feder gleich nach dem Aufziehen recht ſtark zog, ſo wirkte ſie auf den kleinſten Hebelsarm; ſo wie ihre Kraft allmählig abnahm, wirkte ſie auf einen größern und immer größern Hebelsarm. Was ihr da allmählig an Kraft abging, das wurde ihr durch den längern und längern Hebelsarm erſetzt, ſo, daß eben dadurch die Gleichförmigkeit der Umdrehung des Räderwerks erhalten wurde.

Gewöhnlich giebt man den Engländer Hook, welcher anfangs Profeſſor der Geometrie zu Oxford und ſpäter Profeſſor der Aſtronomie zu Gresham war, für den Erfinder der Schnecke aus, und ſetzt die Erfindung in die letzte Hälfte des ſiebzehnten Jahrhunderts. Dies iſt aber unrichtig. Denn Robert Fludd ſpricht ſchon in einem 1618 herausgegebenen Werke (Utriusque Cosmi Historia) von der Schnecke als einer vorhandenen Einrichtung bei Taſchenuhren. Aus England ſcheint die Schnecke zuerſt nach Deutſchland gekommen zu ſeyn. Die franzöſiſchen Mathematiker

Varignon und de la Hire unterſuchten die Figur der Schnecke geometriſch.

§. 23.

Der berühmte holländiſche Mathematiker Chriſtian Huyghens gab in der Mitte des ſiebzehnten Jahrhunderts den großen Uhren das Pendel (Perpendikel) zum Regulator, und brachte dadurch dieſe Uhren zu einem bedeutenden Grade von Gleichförmigkeit. Das war faſt eine noch wichtigere Verbeſſerung als die Schnecke der Taſchenuhren, beſonders zum Beſten der Aſtronomie. Dieſes Pendel des Huyghens beſtand aus einem linſenförmigen Gewichte, welches an einer dünnen eiſernen Stange befeſtigt war. Die Stange ſelbſt wurde ſo mit der Spindel verbunden, daß das Pendel Schwingungen hin und her machte, wenn das Steigrad die Spindel hin und her warf. Uebrigens hatte ſchon vorher der große Galilei zu Florenz Verſuche über die Bewegung des Pendels (aber noch nicht eines mit dem Uhrwerke verbundenen) angeſtellt, und ein frei aufgehängtes Pendel zu einem Zeitmaße vorgeſchlagen. Sogar noch viel früher ſollen ſchon die Araber ein ſolches Pendel gekannt haben. Mouton, Hevel, Riccioli, Grimaldi, Merſenne, Gaſſendi, Kircher u. a. machten ähnliche Verſuche mit dem Pendel wie Galilei. Die erſte Pendeluhr aber zeigte Huyghens im Jahr 1657 den Staaten von Holland. Er war damals 27 Jahre alt.

Huyghens beſtimmte auch ſchon die Länge des Sekundenpendels oder desjenigen Pendels, welches in einer Sekunde eine Schwingung (Oscillation, Vibration) d. h. einen Gang hin und her machte. Gaſſendi hatte

früher auf den Nachtheil des Widerſtandes der Luft bei Pendeln, in Hinſicht der Schwächung der das Hin- und Hergehen bewirkenden Kraft, aufmerkſam gemacht.

§. 24.

In der Vervollkommnung der großen Uhren war alſo nun durch Anbringung des Pendels ein bedeutender Schritt geſchehen. Einer ähnlichen Vervollkommnung bedurften auch die Taſchenuhren. Huyghens half hier gleichfalls, indem er mit der Unruhe dieſer Uhren die Spiralfeder verband. Dieſe haardünne ſtählerne Feder gab vermöge ihrer Elaſticität der Unruhe die Eigenſchaft, ſtets auf einerlei Art hin und her zu ſchwingen, wenn auch Ungleichheiten des Räderwerks auf ſie wirkten. Die erſte Taſchenuhr mit einer ſolchen Spiralfeder ließ Huyghens im Jahr 1674 von einem berühmten Pariſer Uhrmacher Türet verfertigen. Unter andern gab Leibnitz dem Sully hiervon in einem Briefe Nachricht.

Schon mehrere Jahre vorher hatte der mit der Mechanik vertraute franzöſiſche Abt Hautefeuille den Schwingungen der Unruhe der Taſchenuhr dadurch mehr Gleichförmigkeit zu geben geſucht, daß er mit ihr und dem Uhrgeſtelle (der Uhrplatte) eine Schweinsborſte, ſpäter eine gerade ſchwache Stahlfeder verband.

§. 25.

Huyghens, deſſen Scharfſinn nicht leicht etwas entging, hatte bald nach Erfindung der Pendeluhren wahrgenommen, daß die großen Bögen, die ſein Pendel hin und her beſchrieb, nicht immer von gleicher Länge und Dauer waren, und daß dies auch auf den Gang der Uhr wirkte. Bei Uh-

ren zum Gebrauch des gemeinen Lebens hatte man nicht nöthig, dies zu beachten; aber bei Uhren zum aſtronomiſchen Gebrauch, wovon man die möglich größte Genauigkeit vorausſetzte, war eine ſolche Ungleichheit von weſentlichen Folgen. Huyghens dachte über ein Mittel nach, die Oscillationen des Pendels gleichförmiger (iſochroniſcher) zu machen; und er entdeckte ein ſolches wirklich. Er brachte nämlich an den Aufhängungspunkt des Pendels, welcher in einem feinem ſeidenen Faden ſich befand, zwei cycloidiſch (Abth. I. §. 85 f.) gekrümmte Bleche an, mittelſt deren Eigenſchaften die Zeit, in der die Oscillationen geſchahen, ſich immer gleich blieb, wenn auch die Bögen, die das Pendel beſchrieb, ungleich waren. An die cycloidiſchen Bleche ſchlug nämlich bei den Schwingungen der Faden an, an welchem das Pendel aufgehängt war.

De la Hire unterſuchte bald nachher den Gang einer ſolchen Pendeluhr. Er fand, daß ſie innerhalb 8 Tagen nicht um eine einzige Sekunde von der mittlern Bewegung der Sonne abgewichen war. Da aber die genaue Krümmung der Bleche nach der Cycloide mit vielen Schwierigkeiten verbunden und der ſeidene Aufhängungsfaden mancherley phyſiſchen Veränderungen unterworfen war; da man ferner gefunden hatte, daß kleine Cirkelbögen für kleine Theile einer Cycloide angenommen werden können, ſo wurden die cycloidiſchen Bleche nicht allgemein und man richtete die Uhren lieber ſo ein, daß die Pendel nur kleine Bögen hin und her beſchrieben, die man als völlig iſochroniſch anſehen konnte. Die Engländer Derham und Hook machten am Ende des ſiebzehnten Jahrhunderts zuerſt von ſolchen kleinen Bögen Gebrauch.

§. 26.

Ein ſonderbares Pendel, welches kreisförmige Bewegungen machte und Pirouette genannt wurde, hatte Huyghens gleichfalls erfunden. Aber dieſe Erfindung fand wenige Beachtung. Viel wichtiger und bis auf den heutigen Tag ſehr nutzbar fand man für die großen Uhren den engliſchen Haken, eine Art Anker, welcher mit dem in vertikaler Fläche umlaufenden Steigrade die Ankerhemmung bildete.

Huyghens, von Mairan, Richer und andere Gelehrte hatten die Länge des Sekundenpendels beſtimmt, erſterer zu 3 Fuß $8\frac{1}{2}$ Linien, v. Mairan zu 3 Fuß $8\frac{17}{30}$ Linien, Richer zu 3 Fuß $8\frac{3}{5}$ Linien. Dieſe Länge hatten ſie zu Paris berechnet. Im Jahr 1671 vermuthete Picard zuerſt, daß das Pendel, welches in Paris Sekundenpendel war, wegen der ſphäroidiſchen (bei den Polen abgeplatteten) Geſtalt der Erde und der davon herrührenden verſchiedenen Schwerkraft auf den verſchiedenen ungleich weit vom Mittelpunkte entfernten Stellen der Erd-Oberfläche, nicht an allen Stellen der Erde Sekundenpendel bleiben würde, daß es näher nach den Polen zu mehr als 3600 Sekunden in einer Stunde ſchwingen müßte, näher nach dem Aequator zu weniger. Dies wurde in der Folge durch Reiſende, namentlich durch die Gradmeſſer, welche in der Nähe des Nordpols und des Aequators Grade des Meridians maßen, beſtätigt. Ihre Pendeluhren gingen in einer größern Nähe der Pole ſchneller, in einer größern Nähe des Aequators langſamer; in jenem Falle mußte das Pendel verlängert, in dieſem verkürzt werden, wenn die Uhren wieder richtig gehen ſollten.

§. 27.

Huyghens lehrte genau den Mittelpunkt des Pendelſchwunges durch Rechnung finden und berichtigte überhaupt ſehr die Theorie des Pendels. De la Hire ſuchte die Aufhängungsart des Pendels zu verbeſſern. Sully, Hook, de Hauteville, dù Tertre, Graham und Tompion vervollkommneten zu Anfange des achtzehnten Jahrhunderts die Hemmung, namentlich der Taſchenuhren und brachten auch neue Arten derſelben zum Vorſchein. Tompion z. B. nahm ſtatt der Spindel in der Taſchenuhr einen kleinen hohlen Cylinder mit einem Einſchnitte, in welchen die Spitzen eines eigen geſtalteten horizontal liegenden Hemmungsrades griffen, um den Cylinder mit der daran befeſtigten Unruhe hin und her zu werfen. Er gab ſo Anlaß zur Erfindung der ſogenannten, nachher ſehr beliebt gewordenen Cylinderuhren. Aehnliche Hemmungsarten hatten freilich ſchon vorher Graham, Facio und Flameville ans Licht gebracht.

Von den neuern Künſtlern vervollkommneten oder veränderten unter andern die Franzoſen le Roy, Berthoud, Breguet, Thiout, le Paute, Gourdam und Lepine, die Engländer Mudge, Arnold, Kendal, Prior und Grant die Hemmungen der großen und kleinen Uhren.

§. 28.

Die Ankerhemmung oder Hemmung mit dem engliſchen Haken, und die Steigradshemmung machten die ſogenannte zurückfallende Hemmung aus. Der Zahn des Steigrades mußte hier jedesmal wieder ein wenig zurückgehen, ehe er dem engliſchen Haken oder der Spindel eine neue Bewe=

gung mittheilen konnte. Graham conſtruirte zuerſt den Anker der groſſen Uhren ſo, daß die Hemmung ruhend wurde, der Zahn des Steigrades alſo nie eine rückwärts gehende Bewegung machte; und Grahams Cylinder-Taſchenuhren, ſowie Tompions Cylinderuhren zeigten zuerſt eine ruhende Hemmung bei kleinen Uhren. Verſchiedene Arten von ruhenden Hemmungen wurden ſpäter, z. B. von Platier, le Paute, de la Grange, Berthoud und Thiout erfunden.

Weil ſelbſt die ruhende Hemmung noch ziemlich vieler Reibung und verſchiedenen Veränderungen ausgeſetzt blieb, ſo kam der berühmte engliſche Künſtler Mudge zum beſten der akkurateſten Zeitmeſſer, welche es giebt, nämlich der Zeithalter, Chronometer oder Uhren zur Beſtimmung der geographiſchen Länge, zuerſt auf die Idee, das Beſtreben des Hemmungsrades, ſich herumzubewegen, nicht von dem Regulator ſelbſt aufhalten zu laſſen, ſondern von einem beſondern Einfalle, welchen der Regulator auslöſt. Dadurch mußte die Reibung ausnehmend verringert und der Gang der Uhr möglichſt leicht gemacht werden. So legte er den Grund zu der freien Hemmung, welche le Roy, Harriſon, Ferdinand Berthoud, Louis Berthoud, Platier, Robin, Grant, Kendal, Howel, Breguet, de la Grange, Callet und andere noch ſehr vervollkommneten.

§. 29.

Zu den weſentlichſten Verbeſſerungen, die man nicht blos mit dem gezahnten Räderwerke der Uhren, ſondern auch anderer Maſchinen vornahm, gehörte die Abrundung

der Zähne noch einer ſchicklichen Krümmung. Was darüber Leupold, Sturm und Leutmann mittheilten, beruhte auf einer noch gar zu unvollkommenen Praxis; obgleich de la Hire ſchon am Ende des ſiebzehnten Jahrhunderts die Epicycloide (Abthl. I. §. 93.) als die geſchickteſte für dieſe Krümmung gefunden und zu den Rädern der Maſchinen vorgeſchlagen hatte. Camus, Euler und Käſtner legten es mit noch mehr Klarheit dar, daß die Zähne der Räder einer ſolchen Krümmung bedurften, wenn der Gang der Maſchine ſo leicht wie möglich ſeyn ſollte. Man fand, daß die Cycloide am beſten für die Kammräder, die Epicycloide für die Stirnräder ſich eignete. Berthoud gab nicht blos ſehr nützliche Regeln zu einer ſolchen Abründung der Zähne an, ſondern er erfand auch für Uhrmacher Maſchinen, womit dieſe Abründung möglichſt bequem geſchehen konnte. Uhlhorn und Meißner, angereizt durch eine Preisaufgabe der Hamburgiſchen Geſellſchaft zur Beförderung nützlicher Künſte, ertheilten auch für ganz ungelehrte Praktiker im Jahr 1804 ſehr nützliche, leicht faßliche Vorſchriften zur Bildung der Rad-Zähne nach jenen krummen Linien, vorzüglich für Mühlwerke und andere größere Maſchinen. Der neueſte Mechaniker, welcher die richtige Verzeichnung der Zähne lehrte, war Arzberger in Wien.

§. 30.

Zwar hatte ſchon Wendelinus wahrgenommen, daß Hitze und Kälte die Dimenſionen aller Dinge veränderten, daß Hitze ſie größer, Kälte ſie kleiner mache; aber erſt Picard machte im Jahr 1669 die Bemerkung, daß durch Verlängerung des Pendels in der Wärme des Sommers alle Pendel-

uhren langſamer, durch Verkürzung des Pendels in der Kälte des Winters ſchneller gingen, und zwar um ſo langſamer oder ſchneller, je höher der Grad der Wärme oder der Kälte war. Andere Mathematiker und Naturforſcher beſtätigten bald die Wahrheit dieſer Bemerkung. Für aſtronomiſche und geographiſche Uhren, die einen möglichſt genauen Gang haben ſollen, war es von großer Wichtigkeit, jenen Einfluß der Luft-Temperatur auf den Gang der Uhren zu vernichten.

Der Engländer Graham war der erſte, welcher das Pendel ſo einzurichten ſuchte, daß jener Einfluß der Temperatur auf den Gang der Uhr nicht ſtatt finden konnte. Zuerſt machte er Pendelſtangen aus einem trocknen Holze (z. B. Fichten-, Tannen- oder Nußbaumholze), welche dem Einfluſſe der Temperatur nicht unterwarfen waren. Auch Fontana, Ludlam, Schröter, Croſthwite u. a. hatten ſolche Pendel ſelbſt mit aſtronomiſchen Uhren verbunden. Da aber Holz nicht ſo dauerhaft iſt als Metall und namentlich auch durch Feuchtigkeit Veränderungen erleidet, ſo kam ſchon Graham darauf, mehrere Stangen von verſchiedenen Metallen ſo mit einander zu verbinden, daß, wenn eine gewiſſe Anzahl dieſer Stangen herunterwärts auf das Niederſenken oder Emporheben der Pendellinſe wirkte, eine andere Anzahl dieſelbe Wirkung hinaufwärts erzeugte, wodurch der Mittelpunkt des Schwunges auf einerlei Stelle zu bleiben gezwungen war. Ein ſolches Pendel wurde Roſtpendel genannt. Harriſon, Caſſini, Ellicot und Short haben übrigens ſchon vor Graham die Ideen zu ſolchen Compenſationspendeln angegeben, die in der Folge,

z. B. von Berthoud, Grenier, Shelbon, Cumming u. a. verſchiedentlich verändert wurden. Beſondere Arten von Compenſationspendeln brachten unter andern der Schwede Faggot, der Franzoſe Rivaz und der Deutſche Schulze zum Vorſchein. In der neueſten Zeit ſind die Compenſationspendel von Ignaz Berlinger, Zecchini-Leonelli u. a. bekannt geworden.

§. 31.

Die genaueſten, trefflichſten und koſtbarſten Uhren waren freilich die geographiſchen Uhren, Längenuhren, Chronometer oder Zeithalter, wovon die auf der See gebrauchten Seeuhren genannt werden. Dieſe Uhren ſollten dienen, die geographiſche Länge zur See zu finden. Man mußte nämlich von ihnen verlangen, daß ihr Gang durchaus richtig und unveränderlich ſey, ſo weit es nämlich phyſiſch möglich war, daß daher keine Friktion, keine Veränderung der Temperatur, kein Schütteln und Schwanken (z. B. das Schwanken des Schiffs) u. dgl. Unrichtigkeiten im Gange erzeugen konnten. Denn wenn eine ganz akkurate Uhr, nach dem Mittage irgend eines Ortes geſtellt, auf der Reiſe an einem andern Orte, wo es gerade Mittag (12 Uhr) war, erſt nach einer, zwei, drei ꝛc. Stunden Mittag zeigte, ſo konnte man daraus ſchließen, daß letzterer Ort 15 Grad, 2mal 15 oder 30 Grad, 3mal 15 oder 45 Grad ꝛc. öſtlicher liege, als der erſtere Ort, wo man die Uhr geſtellt hatte; und wenn im Gegentheil an dem andern Orte die Uhr eine Stunde, zwei Stunden, drei Studen früher 12 Uhr Mittag zeigte, als die Uhren des letztern Orts, ſo konnte man wieder daraus ſchließen, dieſer

Ort liege 15 Grad, 30 Grad, 45 Grad ꝛc. weſtlicher, weil 1 Stunde Zeit 15 Grade im Bogen des Aequators ausmachen, indem ja bei der Axen-Umwälzung der Erde alle 360 Grade in 24 Stunden einmal herumkommen. So konnte man alſo mittelſt einer ſolchen Uhr leicht finden, um wie viel Grade und Theile von Graden irgend ein Ort auf der Reiſe öſtlicher oder weſtlicher liege, als ein anderer, z. B. als derjenige, von welchem man abgereiſt war.

§. 32.

Schon im Jahr 1530 hatte Gemma Friſius den Vorſchlag gethan, die Uhren zur Beſtimmung der geographiſchen Länge auf dem Meere zu gebrauchen. Daſſelbe thaten nachher Metius, Fournier, Riccioli, Varenius, Krabbius und Leibnitz. Indeſſen waren verſchiedene feinere Theile der Mechanik noch ſo weit zurück, daß ſelbſt die beſten Köpfe, wie Leibnitz und Huyghens, vergebliche Verſuche machten, die ſo wünſchenswerthe Auflöſung des ſo wichtigen Problems zu finden. Denn wichtig war das Problem vorzüglich für die Schiffahrt deswegen, weil die Seefahrer ſich vor gefährlichen Stellen hüten konnten, wenn ſie den jedesmaligen Ort ihres Schiffs (mittelſt genauer Beſtimmung der geographiſchen Länge und Breite) anzugeben wußten. Und weil aus dieſem Grunde mehrere große Staaten bedeutende Prämien auf die Erfindung eines genauen Mittels zur Beſtimmung der geographiſchen Länge auf der See — England im Jahr 1714 allein 20,000 Pfund Sterlinge — ausgeſetzt hatten, ſo fuhren die beſten mechaniſchen Köpfe mit deſto größerem Eifer fort, ſich zur Auflöſung jenes

Problems und zur Gewinnung der großen Geldſummen auf das Ernſtlichſte anzuſtrengen.

§. 33.

Der Engländer John Harriſon, eigentlich nur ein Zimmermann, aber ein großes mechaniſches Genie, gewann, nach mehreren ununterbrochenen, ſeit dem Jahr 1725 gemachten Verſuchen, im Jahr 1764 den großen Preis und die Ehre, ſo viele phyſiſche Hinderniſſe, die ſich der Erfindung der See= oder Längenuhren entgegenſetzten, glücklich überwunden zu haben. Dadurch, daß er ſo viele ſinnreiche mechaniſche Einrichtungen erfinden mußte, um bei den Uhren alle ſonſt von dem Schwanken des Schiffs, von dem Aufziehen der Uhr, von dem unvollkommenen Eingriffe des Räderwerks, von der veränderlichen Reibung, von der verſchiedenen Temperatur der Luft, von der Vertrocknung des Oehles ꝛc. herrührende Störungen zu vermeiden, brachte er die Uhren überhaupt, vornehmlich auch die zu Himmelsbeobachtungen beſtimmten aſtronomiſchen Uhren, einen ſehr großen Schritt weiter. Schon allein ſeine treffliche Hemmungsart und ſeine Compenſations=Vorrichtung, um dadurch der Wirkung der Kälte auf die Spiralfeder vorzubauen, hatten vielen Einfluß auf die Vervollkommnung anderer genauer Zeitmeſſer.

Nach Harriſon zeichneten ſich die engliſchen Künſtler Arnold, Kendal, Emery, Howel, Mudge und erſt neuerlich Earnſchaw durch die Verfertigung herrlicher Chronometer aus. Darunter waren auch Taſchenchronometer oder ſolche zur Längen=Beſtimmung auf dem Lande. Mudge beſonders lieferte nach und nach eine bedeutende

Anzahl vortrefflicher Zeithalter. Die Franzoſen Rivaz, Ferdinand und Louis Berthoud und Breguet dürfen hier ebenfalls mit großem Ruhm genannt werden, ſowie unter den Deutſchen Geiſt und Buzzengeiger.

§. 34.

Tertienuhren oder Uhren, welche auch Tertien (Sechzigtheile von Sekunden) beſtimmen, gab es ſchon um die Mitte des ſechszehnten Jahrhunderts. Denn der berühmte Arzt und Mathematiker Paul Fabricius zu Wien führt ſie ſchon in einer Diſſertation (de Encomio Sanitatis) vom Jahr 1557 an. Georg Chriſtoph Eimmart aus Regensburg machte um die Mitte des ſiebzehnten Jahrhunderts aſtronomiſche Uhren, welche auch Tertien angaben. In der neuern Zeit ſind dieſe Uhren, die man insbeſondere bei manchen Meſſungen, z. B. Geſchwindigkeiten des Schalls, Geſchwindigkeiten des fließenden Waſſers ꝛc. anwendet, verſchiedentlich verbeſſert worden. Sogenannte zu aſtronomiſchen Beobachtungen dienende Sekundenzähler die in einer Sekunde gewöhnlich vier Schläge thun, waren wenigſtens ſchon zu Anfange des vorigen Jahrhunderts bekannt.

Rechnen wir nun noch zu den vorzüglichſten bei den Uhren vorgekommenen Erfindungen die ſchon im ſechszehnten Jahrhundert vorhandenen Datumsuhren und Weckuhren; die im Jahr 1676 von dem Engländer Barlow erfundenen, bald darauf von deſſen Landsmann Quare bedeutend verbeſſerten und in der Folge von Graham, ſowie von den Franzoſen le Roy, le Paute, Berthoud, Lepine u. a. noch bedeutend vervollkommneten Repetir- oder Wieder-

holungsuhren; die ſchon zu Ende des ſiebzehnten Jahrhunderts bekannten Aequationsuhren, welche die wahre und mittlere Zeit weiſen; die auch in der neuern Zeit noch häufig verfertigten künſtlichen aſtronomiſchen Uhrwerke, welche den Lauf und andere Erſcheinungen der Himmelskörper angeben; die Automaten oder durch Uhrwerke in Bewegung geſetzten Menſchen- und Thierfiguren, welche, wie z. B. der ſchon 1738 fertige berühmte Flötenſpieler und die berühmte Ente des Franzoſen Vaucanſon, allerley Verrichtungen lebendiger Weſen ſehr täuſchend nachahmen; die ſchon im funfzehnten Jahrhundert auf Kirchthürmen vorhandenen Glockenſpiele und andere Spieluhren, wie Harfenuhren, Flötenuhren u. dgl.; ſo muß man geſtehen, daß dieſer Zweig der Mechanik ſehr ſorgfältig bearbeitet und auf eine ſehr hohe Stufe von Vollkommenheit emporgehoben worden iſt.

§. 35.

Schon ſeit Jahrhunderten gaben ſich manche Mechaniker, gewöhnlich aber ſolche, die nur geringe Kenntniſſe in der Mechanik beſaßen, unſäglich viele Mühe, ein Perpetuum mobile zu erfinden. Verſteht man unter dieſem Namen eine Maſchine, welche ſich ununterbrochen, ohne neuen Antrieb von Außen, bis in Ewigkeit fortbewegt, folglich auch nicht der Schwächung und Vergänglichkeit unterworfen iſt, der ſonſt alle irdiſche Dinge ausgeſetzt ſind, ſo liegt die Unmöglichkeit einer ſolchen Erfindung vor Augen. Wenn man aber — und dies ſollte der eigentliche Begriff immer ſeyn, — Perpetuum mobile eine Maſchine nennt, welche die Urſache ihrer Bewegung immer durch ihren eignen Mecha-

nismus zu erneuern vermag, deren bewegende Kraft ununterbrochen und ohne einen neuen Antrieb ſo lange fortwirkt, bis der Stillſtand nur allein durch die Abnutzung der Maſchinentheile erfolgt (gewaltſames Anhalten natürlich nicht mit gerechnet), ſo iſt die Erfindung einer ſolchen Maſchine wohl ſehr ſchwer, aber, wie ſelbſt die größten Mathematiker behaupten, doch nicht unmöglich.

Bis jetzt iſt es noch Niemand gelungen, ein ſolches Perpetuum mobile zu Stande zu bringen. Obgleich manche Produkte in der erſten Hitze der Verfertigung für eine immerfort ſich bewegende Maſchine ausgegeben wurden, ſo kamen ſie doch nach einigen Wochen oder Monaten von ſelbſt wieder in Stillſtand.

§. 36.

So machte man z. B. Kugeln, welche in geſetzmäßig beſtimmten Zeiten unaufhörlich durch Rinnen oder Kanäle rollten, auf einem Uhr-Zifferblatte Zeiger in Bewegung ſetzten und durch elaſtiſche Druckfedern wieder emporgeſchnellt wurden. So ſah man Wanduhren, wie diejenige des Franzoſen le Paute, die der Zug der Luft durch das Oeffnen und Schließen von Stubenthüren in Bewegung ſetzte; oder ſolche, wie diejenige des Engländers Coxe, welche mit einem ſehr großen weiten Barometer verbunden waren, durch deſſen Steigen und Fallen ſie ſtets wieder aufgezogen wurden. So gab es, von einem jungen Schweizer Recorder erfundene Taſchenuhren, die ſich gleichſam von ſelbſt aufzogen, indem ein kleines im Innern der Uhren angebrachtes Gewicht die Hauptfeder immer wieder ſpannte, wenn die Uhr, z. B. durch Tragen, binnen 24 Stunden nur einmal geſchüt-

telt wurde. So hatte noch vor einer kurzen Reihe von Jahren Geiſer zu Chaux de Fond eine Maſchine verfertigt, deren Haupttheil ein großes, aber zierlich gearbeitetes Rad war, an der Peripherie mit einer großen Anzahl Cylinder, die ſich durch einen eignen, von dem Rade ſelbſt in Thätigkeit geſetzten Mechanismus auf der einen Seite des Rades legten, auf der andern aufrichteten, und ſo auf jener Seite immer das zur Bewegung dieſes Rades erforderliche Uebergewicht bewirken ſollten. Dieſes Perpetuum mobile trieb eine vortreffliche Uhr. Aber es war Betrug dabei, nämlich eine ſehr künſtlich verborgene Uhrfeder, welche, heimlich aufgezogen, jener Ueberwucht zu Hülfe kam. So hatte ſchon Orfyreus in Caſſel zu Anfange des vorigen Jahrhunderts ein großes ſich immer von ſelbſt drehendes Rad gemacht, welches aber nach einiger Zeit wieder in Stillſtand kam.

So machte man, wie Heyne in Lemſal, Verſuche, ein oberſchlächtiges Waſſerrad dadurch beſtändig umtreiben zu laſſen, daß es ſelbſt durch ſeine Bewegung Pumpen in Thätigkeit ſetzte, die das Treibwaſſer immer wieder über das Rad bringen ſollten, u. dgl. mehr. Die Kenntniſſe der Mechaniker, welche ſo etwas hervorbringen wollten, waren zu unreif, als daß ſie dabei alle Umſtände hätten überſehen und gehörig prüfen können. Selbſt die Zamboniſche Säule, die vermöge ihrer anziehenden und abſtoßenden elektriſchen Kraft das Räderwerk einer Uhr (Uhr des Ramis in München) unaufhörlich treiben ſollte, bewährte ſich nicht als ein Perpetuum mobile.

§. 37.

Die Erfindung der Mühlen, vornehmlich der Ge-

traidemühlen, gehört unter die nützlichſten aller menſchlichen Erfindungen. Schon vor Moſes Zeiten wußte man das Getraide in Mehl zu verwandeln, um Kuchen daraus zu backen; man mußte daher wenigſtens ſchon Mittel haben, das Getraide zu zermalmen. Dieſe Mittel beſtanden anfangs blos aus einer Art Mörſer (ὄλμος, pila) und einer Keule (ὕπερον, pistillum). Das vorher gedörrte Getraide that man in den Mörſer und mit der Keule zerſtieß und zerrieb man es. Später gab man der Keule eine Kurbel zum Drehen, weil man gefunden hatte, daß das Zerreiben wirkſamer, als das Zerſtoßen war. Man fand es nachher beſſer, ſtatt des Mörſers einen auf der obern Fläche ausgehöhlten Stein und ſtatt der Keule gleichfalls einen Stein und zwar mit einer ſolchen Abrundung anzuwenden, daß dieſelbe in jene Höhlung hineinpaßte. So hatte man ſchon eine ziemlich ordentliche Handmühle, die man auch bald mit Beihülfe von Rad und Getriebe in eine Pferdemühle oder Roßmühle umzuwandeln und dadurch kräftiger zu machen wußte. Der um ſeine Axe ſich umdrehende Stein wurde Läufer (μύλος, Meta, Turbo), der andere feſt liegende Bodenſtein (ὄνος, Catillus) genannt. Jener erhielt in ſeiner Mitte das Läuferauge oder ein geräumiges Loch zum Hineinſchütten des Getraides, mit einem diametraliter hinüber laufenden, feſt an den Stein befeſtigten Stege (der Haue), welcher für die Welle, woran er umlief, den Stützpunkt oder Umdrehungspunkt enthalten mußte. Wer übrigens dieſe Art Mühlen erfunden und verbeſſert hat, wo und wann dieſes geſchehen iſt, wiſſen wir, leider! nicht anzugeben.

§. 38.

Um die edlern Kräfte der Menſchen und ſelbſt die Thiere zu ſchonen, die man doch zu andern Zwecken ſo nothwendig hatte — und die Zahl derſelben, um den ganzen Bedarf an Mehl zu liefern, war bedeutend groß — ſo kam man auf den herrlichen Gedanken, das fließende Waſſer als bewegende Kraft für die Mühlen (nicht für die Mehlmühlen allein, ſondern auch für andere Arten von Mühlen) zu benutzen. Man mußte nämlich über oder unter den Waſſerſtrom eigne Arten von Rädern (Waſſerräder, Mühlräder) legen, welche entweder durch den Stoß des unten anſchlagenden Waſſers, oder durch das Gewicht des oben auffallenden Waſſers in Umdrehung geſetzt wurden. So entſtanden unterſchlächtige und oberſchlächtige Waſſerräder, welche ſpäter auch zur Treibung vieler anderer Maſchinen angewendet wurden (§. 131 f.). Die unterſchlächtigen Waſſerräder erhielten an ihrer Peripherie gerade Breter oder Schaufeln, an die das Waſſer ſtieß, die oberſchlächtigen Räder aber erhielten an ihrer Peripherie Behältniſſe oder Zellen, die das oben einfallende Waſſer einnahmen. Ohnſtreitig waren die unterſchlächtigen Waſſerräder früher da, als die oberſchlächtigen. Zwiſchen ſie und den Läufer kam ein gezähntes Räderwerk (wenigſtens ein Kammrad und ein Getriebe), welches die Bewegung des Waſſerrades mit vermehrter Geſchwindigkeit bis zu dem Läufer hin fortpflanzen mußte.

Wer die auch auf andere Mahlwerke, ſowie auf Stampfwerke, Sägewerke ꝛc. angewandten Waſſermühlen erfunden hat, wiſſen wir wieder nicht; wir wiſſen blos, daß die Erfindung in die Zeiten des Mithridat, des Julius

Cäſar und des Cicero fällt. Wenigſtens kamen ſie damals ſchon in Aſien vor. In Rom wurden die erſten Waſſermühlen wahrſcheinlich kurz vor Auguſts Zeiten an der Tiber erbaut. Freilich gab es damals auch ſchon von fließendem Waſſer getriebene Schöpfmühlen zum Ausſchöpfen von Waſſer, welche man oft mit den eigentlichen Waſſermühlen verwechſelt hat. In großen Strömen, deren Waſſer man (ſchon wegen der Schiffahrt) nicht ſtauen oder mittelſt eines Querdamms anſchwellen konnte, mußte man die Mühle auf feſt mit dem Ufer verbundene Schiffe legen. Auf der Tiber ſah man die erſten Schiffmühlen im Jahr 536. Da dieſe durch den natürlichen Lauf des Fluſſes getrieben wurden, ſo mußte man dem Läufer mittelſt eines Vorlegewerks (eines aus mehreren Rädern und Getrieben beſtehenden Vorgeleges) die nöthige Geſchwindigkeit zu ertheilen ſuchen.

§. 39.

Daß Deutſchland und Frankreich im vierten Jahrhundert ſchon Waſſermühlen hatten, iſt ausgemacht. Aber erſt im eilften, zwölften und dreizehnten Jahrhundert hatten ſich dieſe Mühlen ſo vermehrt, daß Hand- und Roßmühlen gewöhnlich entbehrt werden konnten. Im dreizehnten Jahrhundert hatte man in nahe am Meer liegenden Flüſſen ſogar ſchon Waſſermühlen, die ſich nach der Ebbe und Fluth richteten.

Den Steg zum Empvrheben und Niederlaſſen des Läufers, den Rumpf zum Einſchütten des Getraides, den Lauft oder die Zarge zum Beiſammenhalten des Getraides, und den Rührnagel ſammt Warzenring (Staffelring) zum Schütteln des Rumpfbodens (oder Schuhes)

hatten die Mühlen damals ſchon; aber das Beutelwerk exiſtirte noch nicht. Wenn das Getraide durch die Mühlſteine zermalmt war, ſo wurde durch Handſiebe das Mehl von der Kleye abgeſondert. Das von der Mühle ſelbſt getriebene Beutelwerk wurde erſt im Anfange des ſechszehnten Jahrhunderts, wahrſcheinlich in Deutſchland, erfunden. Einige ſächſiſche Mühlen erhielten ſolche Beutelwerke zuerſt, z. B. diejenigen zu Zwickau im Jahr 1502, diejenigen zu Freyberg erſt im Jahr 1580. Schweizer lernten es im Jahr 1533 von Memminger Müllern kennen. Alle dieſe Beutelwerke beſtanden aus einem ſchräg durch einen Kaſten (den Mehlkaſten) geſpannten poröſen wollenen Beutel, der, mittelſt Hebeln und Stöcken, von dem Mühleiſen aus, durch Schütteln zum Hindurchſtäuben des Mehls gebracht wurde. Erſt vor vierzig Jahren erfand der Amerikaner Oliver Evans in Philadelphia auch Rollbeutel, die um ihre Axe ſich drehen, ſowie eigne Rühr-Vorrichtungen zum Abkühlen des Getraides, vor dem Beuteln, die aber bei uns, trotz ihrer Zweckmäßigkeit, noch nicht eingeführt worden ſind, weil ſie den Bau der Mühlen künſtlicher und koſtſpieliger machen.

§. 40.

Nicht überall konnte man Waſſermühlen einrichten, wo man ſie gern gehabt hätte. Denn nicht überall finden ſich Flüſſe und Bäche, die man zur Treibung hätte benutzen können. An ſolchen Orten mußten Windmühlen von großer Wichtigkeit ſeyn. Man brachte an einer Welle vier Flügel von ſolcher Größe an, daß ſelbſt ein ſchwacher Wind ſie noch umzutreiben vermochte (§. 136 f.). Zwiſchen Welle und Läu-

ſer ſetzte man wieder ein die Bewegung fortpflanzendes Räderwerk.

Entweder im zehnten oder im eilften Jahrhundert wurden die Windmühlen, und zwar der höchſten Wahrſcheinlichkeit nach in Deutſchland, erfunden. England und Frankreich erhielte dieſe Mühlen ſpäter. Die erſten Windmühlen waren Bockmühlen, d. h. ſolche auf Böcken oder Geſtellen angebrachte und von bloßem Holz leicht gebaute Mühlen, die, um die Flügel nach dem jedesmaligen Winde zu richten, ganz und gar um ihre Axe gedreht werden konnten. Keine andere Arten von Windmühlen kannte man bis zur Mitte des ſechszehnten Jahrhunderts. Von da an aber erfand ein Flanderer diejenige Bauart, bei welcher nicht die ganze Mühle, ſondern blos das runde Dach mit den Flügeln umgedreht zu werden braucht, um die Flügel nach dem Winde zu richten. Das Hauptgebäude der Mühle konnte dann in jeder Form, auch von Stein, auf den Erdboden feſtgebaut werden; daher konnten Stürme, wie ſie in Holland ſo häufig ſind, die Mühle nicht leicht über den Haufen werfen. Man nannte ſolche Mühlen (zum Unterſchiede der früher vorhandenen deutſchen Windmühlen oder Bockmühlen) holländiſche Windmühlen. Beſonders in den neuern Zeiten haben die Bockmühlen auch in Deutſchland ihnen häufig Platz machen müſſen. Man hat ſie auch noch auf mancherley Weiſe zu vervollkommnen geſucht.

§. 41.

Seit geraumer Zeit hat man auch horizontale Windmühlen oder Windmühlen mit horizontal umlaufenden Flügeln erfunden, während die Flügel der gewöhnlichen Wind-

mühlen in vertikaler Fläche ſich umdrehen. Solche über dem Dache der Mühle hervorragende Flügel, aus Klappen beſtehend, die nach der einen Seite zu immer geſchloſſen, nach der andern offen ſind; oder aus Flächen, die auf der einen Seite ſich emporſtellen, auf der andern ſich niederlegen, brauchen nie nach dem Winde gerichtet zu werden. Sie ſind aber wandelbarer und nicht ſo kräftig, als die vertikalen Flügel, obgleich Smeaton, Beatſon, Hooper u. a. ſie möglichſt zu vervollkommnen geſucht haben.

Der Engländer John Bywater erfand im Jahr 1804 eine einfache und dauerhafte Vorrichtung, die Windmühlflügel, während ihrer Bewegung, nach Erforderniß zu bedecken oder zu entblößen. Ein anderer Engländer, Robert Baines, nahm im Jahr 1815 mancherley Verbeſſerungen mit den Flügeln vor. Beſonders weſentlich aber war die ſchon ums Jahr 1807 erfundene Methode des William Curbitt, die Bewegung der Windmühlflügel gleichförmig zu machen, weil der Wind nicht immer mit gleicher Stärke bläſt. Da waren denn wieder Schwungkugeln von Nutzen, wie ſie als Regulatoren zuerſt bei Dampfmaſchinen vorkamen.

§. 42.

Eine weſentliche Verbeſſerung der Handmühlen (§. 37.) nicht blos zum Getraidemahlen, ſondern auch zu andern Zwecken, war die Anbringung eines Schwungrades an derjenigen Axe, welche man mittelſt der Kurbel in Umdrehung ſetzte. Dadurch brachte man mehr Gleichförmigkeit in die Bewegung der Maſchine und verſchaffte der bewegenden Kraft viele Erleichterung. Schon zu Anfange des ſiebzehnten Jahr-

hunderts gab es Handmühlen mit Schwungrädern. In den Mühlen-Beſchreibungen des Johann Faulhaber vom Jahr 1616 und des Salomon de Cous vom Jahr 1688 werden die Schwungräder ſchon als weſentliche Theile der Handmühlen dargeſtellt. Polhem, Krafft, Büſch, Mönnich, Langsdorf und Brodreich haben im vorigen Jahrhundert über die Schwungräder manche ſcharfſinnige theoretiſche Unterſuchungen angeſtellt. Neue Arten von Handmühlen aber wurden im achtzehnten und zu Anfange des neunzehnten Jahrhunderts unter andern von den Franzoſen Manſard und Durand, von den Deutſchen Hof, Müller, Ernſt und Eberbach, von dem Engländer Ruſtall, von den Schweden Brelin und Dalgreen, und von dem Isländer Jens Laſſen Buſch erfunden.

Feldmühlen oder Wagenmühlen, welche im Kriege auf Wagen, die zugleich das Geſtelle der Mühlen ausmachen, von Ort zu Ort gefahren und ſogleich durch die Pferde, welche ſie gezogen hatten, in Thätigkeit geſetzt werden können, ſoll der italieniſche Ingenieur Pompeo Targone am Ende des ſechszehnten Jahrhunderts zuerſt eingeführt haben. Der Engländer Walker verbeſſerte ſie in der neueſten Zeit. Die Feldmühlen, welche Napoleon mit in den ruſſiſchen Krieg nahm, wurden beſonders wegen ihrer Einfachheit, leichten Behandlung und Wirkſamkeit gerühmt. Thiermühlen mit Treträdern, z. B. Ochſenmühlen mit ſchiefliegenden Treträdern gab es ſchon vor mehreren Jahrhunderten. Unter den neuern Arten von Tretmühlen ſind diejenigen des Eckhardt in London mit mehreren Treträdern an einer Welle, ſowie die in England vor wenigen Jahren

für Gefangenhäuſer erfundenen, mit einem ſehr langen von Menſchen getretenen Tretrade bemerkenswerth.

§. 43.

Stampfmühlen wurden wohl beinahe zu gleicher Zeit mit den Mahlmühlen erfunden. Die Haupttheile derſelben waren perpendikuläre Balken oder Stampfer, die durch fingerartige Zapfen (Däumlinge) einer umlaufenden Welle emporgehoben wurden, und dann vermöge ihrer Schwere wieder niederfielen und die unter ihnen in Behältniſſen oder Gruben liegenden Körper bearbeiteten. So ſind ſie auch noch immer eingerichtet, wie man an den Oehlmühlen, Lohmühlen, Pulvermühlen, Gyps- und Kalkſtampfmühlen, Pochmühlen ꝛc. ſieht. Freilich wurden die Stampfmühlen zu dem verſchiedenen Gebrauch nicht zu gleicher Zeit, zu manchem Gebrauch viel ſpäter, als zu anderm eingeführt. So wurden die eigentlichen Pochwerke mit Stampfern zum Zerſtoßen der Erze in den Pochtrögen nicht früher, als in den erſten Jahren des ſechszehnten Jahrhunderts, und zwar in Deutſchland, angewendet.

Hammermühlen oder Hammerwerke, deren Hämmer, welche z. B. Metalle ausdehnen, Lumpen zerkleinern (wie in Papiermühlen) Tuch walken (wie in Walkmühlen) ꝛc., auf ähnliche Art durch Däumlinge einer Welle in Bewegung geſetzt werden, wie die Stampfmühlen, gab es zum Strecken der Metalle im dreizehnten Jahrhundert ſchon. Zu Papiermühlen, Walkmühlen u. dgl. ſind ſie ſpäter angewendet worden. Sowohl bei ſolchen Hammermühlen, als auch bei Stampfmühlen, ſowie bei Balg- oder Gebläſemaſchinen auf Schmelzhütten (wo die Bälge gleichfalls durch

Däumlinge einer umlaufenden Welle in Thätigkeit geſetzt werden) war die Verbeſſerung der Däumlinge, in Hinſicht ihrer ſchicklichſten Figur, wie ſie zum Vortheil der Kraft die leichteſte Bewegung bewirkte, von nicht geringer Wichtigkeit. Anfangs hatte man die Abründung der Däumlinge nach einem Kreisbogen, ſpäter nach einer Ellipſe vorgenommen. Um die Mitte des achtzehnten Jahrhunderts aber wandte der ſchwediſche Mathematiker Pehr Elvius die Epicycloide (Abtheil. I. §. 93.) zu dieſer Abründung an. Auch Käſtner ſtellte im Jahr 1771 ſehr lehrreiche Betrachtungen über dieſelbe Anwendung der Epicycloide an. Dieſelbe krumme Linie hatte man ja ſchon früher zur Abrundung der Zähne der Stirnräder (§. 29.) geſchickt gefunden, und der Bergrath Borlach zu Köſen in Sachſen hatte ſie ſchon bei großen Rädermaſchinen, der Uhrmacher Berthoud in Paris bei kleinen, mit Nutzen angewendet.

§. 44.

Die Erfindung der Sägemühlen (der Waſſer- und Wind-Sägemühlen) war ſchwerer, als die Erfindung der Mahl-, Stampf- und Hammermühlen, weil der Mechanismus der Sägemühlen zuſammengeſetzter iſt. Die in ein Gatter geſpannte Säge mußte ſich nämlich ſtets auf und nieder bewegen, und dabei mußte der durchzuſägende Baum, der auf einem Geſtelle (dem Klotzwagen) feſt lag, ihr zugleich allmälig entgegenrücken. Erſteres geſchah mittelſt einer um die Axe eines Rades umlaufenden Kurbel; letzteres mittelſt eines Sperrrades, eines an deſſen Welle feſt ſitzenden Getriebes und der gezahnten Unterfläche jenes Geſtelles. Eine von dem auf- und abſteigenden Sägegatter hin und her gezogene Sperr-

oder Stoßſtange, die mit ihrem klauenförmigen Ende in das Sperrrad griff, ſchob dieſes allmälig herum, wodurch mittelſt des in die gezahnte Unterfläche des Geſtelles eingreifenden Getriebes auch letzteres allmälig weiter rücken mußte.

Schon zu Anfange des vierzehnten Jahrhunderts hatte Deutſchland Sägemühlen; Augsburg z. B. beſaß eine ſolche ſchon im Jahr 1322. Doch waren ſie damals noch ſelten; erſt im fünfzehnten Jahrhundert wurden ſie in Deutſchland häufiger. Da ſie aber in Holland erſt zu Ende des ſechszehnten, in England zu Anfange des ſiebzehnten, in Schweden um die Mitte des ſiebzehnten Jahrhunderts ſcheinen eingeführt worden zu ſeyn, ſo dürfte man wohl Deutſche für die Erfinder derſelben halten. In Holland waren die meiſten Sägemühlen von jeher Windmühlen. Sogar Sägemühlen mit vielen Sägeblättern, die jeden Baum auf einmal in mehrere Breter zerſchnitten, gab es im ſechszehnten Jahrhundert ſchon.

§. 45.

Wenn auch die Marmor- und andere Stein-Sägemühlen gleichfalls ſchon mehrere Jahrhunderte alt ſind, ſo ſind ſie doch ſpäter, als die Holzſägemühlen erfunden worden. Letztere verbeſſerte vornehmlich der franzöſiſche Hydrauliker Belidor in der erſten Hälfte des achtzehnten Jahrhunderts. Um zu nützlichen Reſultaten zu gelangen, machte er viele Erfahrungen und Verſuche an mancherley Sägemühlen, wie er es auch bei Mahlmühlen und andern Arten von Mühlen gethan hatte. Der berühmte Euler ſtellte im Jahr 1756 ſcharfſinnige Betrachtungen über die Action des Sägens in der Sägemühle an.

Google

Beſondere Arten von Sägemühlen brachten im achtzehnten Jahrhundert die Franzoſen du Quet, Guyot und Albert, die Engländer Wright und Stansfield, der Amerikaner Coates, der Schwede Knutberg, die Deutſchen Gervinus und Lewenau ꝛc. an's Licht. Steinſägemaſchinen mit eignem Mechanismus, auch Sägemaſchinen zum Abſägen der Pfähle unter Waſſer, der Bäume im Walde, ſowie ſolche zum Sägen in allerley krummen Linien ſchlugen unter andern die Franzoſen de Fonsjean und Tiroude, die Deutſchen Haken und Schäfer, die Engländer Trotter und Fould, und der Schwede Thunberg vor.

§e 46.

Unter allen dieſen verſchiedenen neuen Arten von Sägemühlen und Sägemaſchinen verdiente wohl die Sägemühle mit ring- oder kreisförmigem Sägeblatt, wie der Franzoſe Albert im Jahr 1799, der Amerikaner Eaſtman, die Engländer Brunel, Smart, Machell und andere ſie etwas ſpäter vorſchlugen, am meiſten Beachtung. Die Säge ſchneidet hier immer fort, indem ſie ſich immer nach einer Gegend zu um ihre Axe dreht, während das gewöhnliche Sägeblatt der Sägemühlen, deſſen Zähne in einer ſchrägen Linie aufwärts gehen (einen Anlauf oder Buſen haben) nur beim Heruntergehen ſchneidet. Diejenige des Eaſtmann iſt eine der beſten, nicht blos zu kleinern Zwecken, wozu die Cirkelſägemühlen anfangs gewöhnlich nur dienten, ſondern auch zu größern. Auch Gibſon verbeſſerte ſie, und der Amerikaner Steward ließ ſie ſo durch eine Feder betreiben, daß ſie ſehr ſchnell und wirkſam umlief.

Auch der von mir ſchon öfters wiederholte Vorſchlag, bei Sägemühlen mit geraden Sägeblättern den Klotzwagen mit dem darauf befeſtigten Stamme, ſtatt des gewöhnlichen künſtlichen Mechanismus, blos mittelſt Zuggewichten, die man nach jeder Holzſorte reguliren könnte, der Säge entgegenrücken zu laſſen, dürfte wohl der Anwendung, wenigſtens in manchen Fällen, nicht unwerth ſeyn. Alsdann wäre ja auch kein Anlauf nöthig und die Säge ſchnitte beim Niedergange ſowohl, als beim Aufgange. Zu kleinern Zwecken, ſelbſt zum Schneiden von Elfenbein, Knochen ꝛc., iſt eine ſolche Sägemühle nach meiner Angabe ſchon ausgeführt worden.

§. 47.

Bohrmühlen zum Bohren hölzerner Röhren (der Brunnenröhren und Waſſerleitungsröhren) waren ſchon im ſechszehnten Jahrhundert bekannt. Wenigſtens Ulm hatte damals ſchon eine ſolche, die von Waſſer getrieben wurde. Der an eine Axe befeſtigte Bohrer lief mit dieſer Axe um, und der zu durchbohrende, auf einem Klotzwagen befeſtigte Baum wurde ihm mittelſt des Klotzwagens durch einen ähnlichen Mechanismus entgegengeſchoben, wie bei den Sägemühlen.

Aehnliche Mühlen zum Bohren metallener Röhren, z. B. der Flintenläufe, der Kanonenläufe, der Dampfmaſchinen-Cylinder ꝛc. wurden erſt ſpäter angelegt. Kanonen-Bohrmaſchinen kamen vornehmlich im achtzehnten Jahrhundert verſchiedene an's Licht, wie z. B. diejenigen der Franzoſen Villons, Monge, Couvin und Chaillot, diejenige des Holländers Maritz u. a. Früher waren die Vertikalbohrmaſchinen am üblichſten; in der neueſten Zeit ſind die Horizontalbohrmaſchinen gebräuchlicher geworden. Smeaton und

Nicholſon vervollkommneten die Bohrmaſchinen in den neueren Zeiten ſehr weſentlich, beſonders was die Genauigkeit beim Bohren betraf.

So wie alle genannte Maſchinen durch die Vervollkommnung der Mechanik verbeſſert wurden, ſo geſchah dies auch mit andern gleichfalls zum techniſchen oder ökonomiſchen Gebrauch beſtimmten Maſchinen, wie z. B. mit den ſchon längſt vorhandenen Schleif- und Polirmühlen zum Schleifen und Poliren von allerley Metall- und Glaswaaren. Viele neue techniſche Maſchinen wurden im achtzehnten Jahrhundert erfunden, namentlich in der letzten Hälfte deſſelben, wie z. B. die Krempel- und Spinnmaſchinen, die Tuchſcheermaſchinen, vielerley Arten von Prägemaſchinen, von Dreſchmaſchinen, Säemaſchinen ꝛc. An ihnen oder doch an einzelnen Theilen derſelben offenbarte ſich oft der feinſte Mechanismus.

§. 48.

Der Bergbau hatte immer Maſchinen nöthig, theils zur Aufförderung der Erze und Berge, theils zum Emporſchaffen des Grubenwaſſers. Haſpel und Göpel waren von jeher die vornehmſten Maſchinen zu erſterem Zweck; Saug- und Hebepumpen, Paternoſterwerke, Püſchel- und Kaſtenkünſte zu letzterem, wie man aus dem Agricola ſieht. Jene durch Menſchenhände oder durch Pferde getriebenen Winden wurden in der neueſten Zeit vollkommener gebaut, indem man ihren Mechanismus auf geläuterte Grundſätze der Mechanik ſtützte, z. B. was die Geſtalt und Einrichtung der Kurbel betraf.

Bei Pferdegöpeln ſuchte man in England ſchon vor vier-

zig Jahren, ſtatt der cylindriſchen Göpelkörbe (faßartige Umgebung des vertikalen Wellbaums, um welchen das Seil ſich wickelt), die Spiralkörbe einzuführen, deren Theorie, zur Erzeugung einer gleichförmigern Bewegung, ſich auf die Theorie der Schnecke in Taſchenuhren (§. 22.) gründet. Indeſſen fand man die Vortheile ſolcher Göpelkörbe nicht ſo groß, daß man die gewöhnlichen mit ihnen überall vertauſcht hätte.

§. 49.

Paternoſterwerke, Kaſtenkünſte, Eimerwerke u. dgl. gehörten unter die älteſten, aber auch unvollkommenſten Waſſerhebungsmaſchinen. In den neueſten Zeiten werden dieſe, welche in den Maſchinen-Theatern des ſechszehnten und ſiebzehnten Jahrhunderts, z. B. des Beſſon, Ramelli, Zeiſing u. a. ſo häufig vorkommen, nur noch wenig angewendet. Schöpfräder und Schaufelwerke aber, ja ſelbſt einige Arten von Eimerwerken, gebraucht man in manchen Fällen auch heutiges Tages noch, freilich in einem verbeſſerten oder veränderten Zuſtande, z. B. um Waſſer aus Sümpfen herauszuſchöpfen, oder um es aus Flüſſen zu heben und zur Wieſenwäſſerung zu benutzen u. dgl. So benutzte man in Holland ſchon vor mehreren Jahrhunderten ſolche Schöpfräder, mit hängenden Kaſten an der Peripherie, die oben die emporgehobene Flüſſigkeit ausſtürzten. Vom Jahr 1450 an ließ man ſie in Holland durch Windflügel treiben. Leupold, Belidor, Woltmann u. a. haben die Schöpfräder, wie man ſie noch im achtzehnten Jahrhundert anwendete, beſchrieben. Ein vorzügliches Schöpfrad erfand in der neuern Zeit de la Faye.

Schaufel- und Eimerwerke mit Schaufeln oder

Eimern an Ketten oder Seilen, die um Rollen oder Scheiben ſich ſchlingen, unten ſchöpfen und oben das Geſchöpfte in Rinnen ausgießen, werden noch immer als Hafenreiniger oder Baggermaſchinen mit großem Vortheil benutzt, vornehmlich zum Reinigen der Häfen und Flüſſe von Schlamm, Sand u. dgl. Solche Maſchinen kommen ſchon im ſechszehnten Jahrhundert vor, und wahrſcheinlich hat man ſie noch früher gehabt; vermuthlich haben die Aegyptier ſie ſchon in alten Zeiten angewendet. Schwenter beſchreibt (in ſeinen Erquickſtunden vom Jahr 1651) ſchon verbeſſerte Hafenreiniger. Durch Perrault, Leupold, Belidor u. a. lernten wir im achtzehnten Jahrhundert noch beſſere kennen. Nach der Mitte deſſelben Jahrhunderts wurde die Austiefungsmaſchine des Holländers Rebelnkhyd berühmt, ſowie um dieſelbe Zeit und ſpäter noch andere, wie z. B. diejenigen des Caſtain, Büſch, Molard u. a.

§. 50.

Am häufigſten wendet man noch immer die Saugpumpen zum Waſſerheben an. Schon der alte griechiſche Hydrauliker Cteſibus kannte dieſelben. Bis ins ſechszehnte Jahrhundert wurden dieſe Pumpen entweder blos durch Menſchenhände in Bewegung geſetzt, wie es noch jetzt mit unſeren gemeinen Brunnenpumpen geſchieht; oder man ließ ſie durch Waſſerräder treiben, in deren Axe eine Kurbel ſteckte, die mit den Pumpenſtangen eine einfache Verbindung hatte, um dieſe auf- und niederziehen zu können. Erſt nach dem ſechszehnten Jahrhundert ſcheint man von Stangenkünſten oder Feldgeſtängen, unter Beihülfe von Kunſtkreuzen, Gebrauch gemacht zu haben; man ſetzte ſie zwiſchen

Waſſerrad und Pumpen und ſo konnte man letztere oft von einem fließenden Waſſer betreiben laſſen, das von ihnen weit entfernt war. In den ſächſiſchen Bergwerken und auf dem Harz hatte man dieſe Kunſtkreuze frühzeitig. Walter Taylor, Brunton, Jekyl u. a. haben die Saugpumpen in der neuern Zeit vervollkommnet. Vornehmlich ſind die einzelnen Theile derſelben, z. B. Ventile und Kolben, in der neueſten Zeit in mancher Hinſicht verbeſſert worden; und was man jetzt mit vereinbarten Saug- und Hebeſätzen in Bergwerken zu leiſten vermag, zeigen beſonders die ſogenannten hohen Sätze der Engländer.

§. 51.

Druckwerke, oder diejenigen Waſſerkünſte, bei denen das Waſſer, wenn es einmal durch Saugen (§. 139.) in die Stiefel getreten iſt, durch einen gewaltſamen mechaniſchen Druck entweder in einer Röhre hinauf- oder in einem freien Strahle emporgetrieben wird, zeigten freilich als Feuerſpritzen (§. 70 f.) ihren vorzüglichſten Nutzen. Aber auch zu andern, oft ſehr großen Zwecken, wo es darauf ankam, eine große Quantität Waſſer auf eine bedeutende Höhe zu bringen, ſind ſie oft mit Nutzen angewendet worden. Die Waſſerkünſte zu Marly bei Verſailles, und diejenigen zu Herrenhauſen bei Hannover geben hiervon die auffallendſten Beiſpiele. Jene, unter Ludwig XIV. erbaut, von Leupold, Belidor, Weidler und Karſten beſchrieben, mußten vermöge eines großen zuſammengeſetzten, durch vierzehn in der Seine befindliche unterſchlächtige Waſſerräder getriebenen Druckwerks die Gärten von Verſailles, Marly und Trianon mit dem nöthigen Waſſer aus der Seine verſehen; und wenn man

die ungeheure Größe dieſes Werks kennt, eigentlich aus 68 mit einander verbundenen Druckwerken beſtehend, die das Waſſer 502 Fuß hoch auf einen Thurm heben mußten, ſo wird man ſich nicht verwundern, daß 1800 Menſchen daran 7 Jahre lang arbeiteten, und daß es über 8 Millionen Livres koſtete.

Bei der Herrenhäuſer Waſſerkunſt, welche im Jahr 1716 von dem Engländer Clifft mit einem Aufwande von 300,000 Reichsthalern erbaut wurde, ſetzten fünf unterſchlächtige Waſſerräder acht Druckwerke in Thätigkeit, die nicht blos das für die Stadt Hannover beſtimmte Waſſer der Leine auf eine gewiſſe Höhe drücken, ſondern auch zu einer herrlichen Fontaine einen freien Waſſerſtrahl von 120 Fuß Höhe bewirken mußten. Der vereinte Effekt aller Druckwerke brachte einen ununterbrochenen Strahl hervor, wie er freilich mittelſt eines Windkeſſels leichter hätte erzeugt werden können. — Mariotte, Daniel Bernoulli, Belidor, Martin, Smeaton, Langsdorf, von Baader, von Reichenbach, John Stephens, Richard Franklin, William Tirox, William Brunton, Cole, Leslie, Robert Clarke u. a. ſuchten die Druckwerke zu vervollkommnen.

§. 52.

Wenn wir auch noch immer mehrere andere alte Waſſerhebmaſchinen, meiſtens freilich im verbeſſerten Zuſtande, zum Emporheben von Waſſer mit Nutzen anwenden, z. B. Schöpfräder und Waſſerſchrauben, ſo ſind doch in der neuern Zeit manche, wenigſtens für mehrere Fälle, noch wirkſamere dazu gekommen. Dahin gehört ſchon die von dem Schweizer

Andreas Wirz im Jahr 1746 erfundene Spiralpumpe, aus einer hohlen Trommel beſtehend, worin ein Metallſtreifen wohl zehnmal (wie die Feder einer Taſchenuhr) ſich ſpiralförmig herumwindet, um eben ſo viele ſpiralförmige Gänge zu bilden, die, bei der Bewegung der Trommel um ihre Axe, Waſſer von einer Oeffnung des äußern Ganges bis in die Mitte führt, wo es aus einer Art Nabe herausläuft. Daniel Bernoulli hat von dieſer Maſchine (in den Petersburger Commentarien) eine Theorie geliefert. Aehnliche Spiral- und Schneckenräder hatte man ſchon früher gehabt; ſelbſt mit dem Tympanum der Alten hatte es eine ähnliche Bewandniß. Bei einem Schneckenrade, wo aus der Mitte mehrere ſpiralförmige Röhren, deren äußere Mündung das Waſſer ſchöpft, die innere es zu einer Art Nabe herausführt, hat man geſucht, die bogenförmigen Röhren nach einer Cycloide (Abthl. I. §. 85.) zu winden, um dadurch einen größern Effekt zu erhalten.

Solche Schraubenpumpen, wo Röhrenwindungen neben einander (wie Schraubengänge) um eine horizontale Welle laufen, ſind in der neueſten Zeit vornehmlich von Eytelwein in Berlin empfohlen worden. Vorn hat die Röhre eine Art Schöpf-Horn zur Mündung, und hinten iſt ſie mit einer Steigröhre verbunden, wodurch man im Stande iſt, das herbeigeſchraubte Waſſer auf eine bedeutende Höhe zu bringen.

§. 53.

Der vor etlichen zwanzig Jahren von den Franzoſen Montgolfier und Argand erfundene hydrauliſche Widder, hydrauliſche Stößer oder Waſſer-Widder, womit

man das Waſſer eines Fluſſes oder Baches viele hundert Fuß hoch emporbringen kann, machte in der mechaniſchen Welt, wegen ſeiner großen Wirkſamkeit und Einfachheit, viel Aufſehen. Auf einer in das fließende Waſſer gelegten Röhre, der Durchflußröhre, befindet ſich rechtwinklicht eine andere, die Steigröhre. Jede von ihnen hat ein Ventil. Die Gewalt des Waſſers ſchließt immer auf einen Augenblick die Durchflußröhre, wodurch das Waſſer genöthigt iſt, in der Steigröhre hinaufzutreten. Sogleich kommt das Waſſer in der Durchflußröhre wieder zum Fließen; aber nur auf einen Augenblick, weil es auch das Ventil dieſer Röhre wieder ſchließt; u. ſ. f. So kommt das Waſſer, durch ein beſtändiges Stoßen, in der Steigröhre immer höher und höher.

Schon zehn Jahre vor Montgolfiers und Argands Erfindung hatte der berühmte Boulton zu Soho in England ſich auf eine ähnliche Maſchine ein Patent geben laſſen. Ob jene Franzoſen etwas davon gewußt haben, läßt ſich nicht beſtimmen. Später verband Montgolfier die Steigröhre dieſer Maſchine mit einer Art Windkeſſel; dadurch verſtärkte er ihre Wirkung erſt recht, und machte den Ausfluß des Waſſers aus der Steigröhre ununterbrochen. Der Engländer Millington verbeſſerte ſie noch mehr; und ganz neuerlich auch Godin in Paris. Eytelwein hat mit dieſer Maſchine viele lehrreiche Verſuche angeſtellt. Vorzüglich geſchickt fand man ſie als Bewäſſerungsmaſchine, z. B. für Wieſen. Deſaguliers, Sarjeant u. a. hatten ſchon früher beſondere Waſſerhebmaſchinen erfunden, die nicht übel waren. Die Seilmaſchine des Franzoſen Verat erhielt Beifall; eben ſo erſt vor wenigen Jahren eine hydrauliſche

Maſchine von Crelle in Berlin. Die Zickzackmaſchine des Franzoſen Adrien de Cordemoy aber, aus einer zickzackförmigen mit mehreren Ventilen verſehenen und über dem Waſſer pendelartig aufgehängten Röhre beſtehend, iſt, wie manche andere oft ſeltſam eingerichtete hydrauliſche Maſchine, nicht in Gebrauch gekommen.

§. 54.

Der Heber, welcher in einigen Fällen als eine nützliche Waſſerhebmaſchine gebraucht werden kann, war ſchon den alten Griechen bekannt. Hero erwähnt deſſelben. Man glaubte, daß der Abſcheu des Leerren (§. 139.) ſeine Wirkung erzeuge. Johann Baptiſte Porta wollte mit ihm Waſſer über Berge leiten; auch Schwenter that denſelben Vorſchlag. Beide wußten noch nicht, daß die Höhe des Berges nur 32 Fuß betragen dürfe, wenn das Experiment gelingen ſollte. Torricelli hatte (§. 139.) die wahre Urſache vom Emporſteigen und Hindurchlaufen des Waſſers durch den Heber entdeckt. Bis zu Ende des ſiebzehnten Jahrhunderts hatte man immer geglaubt, der in Waſſer eingetauchte Schenkel des Hebers müſſe kürzer ſeyn, als der andere. Johann Jordan zu Stuttgart widerlegte dieſe Meinung zuerſt und im Jahr 1684 machte der würtembergiſche Leibmedikus Salomon Reiſel zuerſt den würtembergiſchen oder Reiſeliſchen Heber bekannt, der zwei gleiche Schenkel hatte. Nun ſah man ein, daß es, wenn der Heber ſollte laufen können, nur darauf ankam, der Mündung des äußern Schenkels eine tiefere Lage zu geben, als die Oberfläche des Waſſers in dem auszuleerenden Behälter.

Den durch ein Gefäß gleichſam unterbrochenen

Heber kannte Pater Schott ſchon nach der Mitte des ſiebzehnten Jahrhunderts. Wolff und Leupold zeigten zu Anfange des achtzehnten Jahrhunderts, wie mehrere ſolche unterbrochene Heber ſich verbinden ließen, um dadurch Waſſer auf eine größere Höhe zu bringen, als 32 Fuß. Mancherlei auffallende Erſcheinungen mit Waſſer durch verſteckte Heber u. dgl. hervorzubringen, haben nicht blos Schott, ſondern viel ältere Hydrauliker gezeigt.

§. 55.

Der von dem alten Alexandriner Hero erfundene ſogenannte Heronsbrunnen gab in der Mitte des achtzehnten Jahrhunderts dem Oberkunſtmeiſter Höll zu Schemnitz in Ungarn die Veranlaſſung zur Erfindung ſeiner Luftſäulenmaſchine, welche man ſeit jener Zeit in manchen Bergwerken zur Gewältigung der Grubewaſſer anwendet. Mittelſt mehrerer mit luftdichten Gefäßen verbundener Röhren muß das herbeifließende Waſſer die Luft in einem Gefäße zuſammendrücken, und dieſe zuſammengedrückte, folglich verdichtete Luft muß wieder Waſſer zu einer Steigröhre hinaus bis zu Tage emportreiben.

Menſchenhände mußten die in den Röhren befindlichen Hahnen drehen, um ſie zur rechten Zeit zu öffnen und zu verſchließen, wenn die Wirkung der Maſchine ordentlich erfolgen ſollte. Der Engländer Boswell aber verband mit den Hahnen eine Maſchinerie, welche, durch den Gang der Maſchine ſelbſt getrieben, das Oeffnen und Schließen der Hahnen ohne menſchliche Beihülfe verrichtete. Ein Paar andere Engländer, Goodwyn und Trevithick, nahmen manche nicht unwirkſame Veränderungen mit derſelben Höllſchen Maſchine vor.

§. 56.

Eine noch intereſſantere Waſſerhebungsmaſchine war die von dem Braunſchweigſchen Ingenieur Winterſchmiedt im Jahr 1748 angegebene und bald nachher auf dem Harz angelegte Waſſerſäulenmaſchine, welche mittelſt des Drucks einer hohen Waſſerſäule wirkt. Schon längſt wußte man, daß Waſſer, welches in einer hohen Röhre und in einer niedrigen Röhre oder in einem niedrigen Behälter befindlich iſt, mit einander zu balanciren trachtet, um in beiden Räumen gleich hoch zu ſteigen, daß es aber, weil es in dem niedrigen, eben ſo hoch zu ſteigen, verhindert wird, entweder daraus zu jener Höhe emporſpringt, wie bei den hydroſtatiſchen Springbrunnen, oder die obere Wand des niedrigen Behälters mit einer Gewalt drückt, welche dem Gewicht einer Waſſerſäule von der Grundfläche jener Wand und der Höhe des Waſſers über dieſer Wand gleich iſt. Schon zu Anfange des achtzehnten Jahrhunderts machte Wolff eine Anwendung von dieſem Satze bei ſeinem anatomiſchen Heber, der Niederländer s'Graveſande einige Jahre nachher bei ſeinem hydroſtatiſchen Blaſebalge. Dort wurden, durch den Druck der hohen Waſſerſäule in einer langen Röhre, Blaſen oder Häute, die man über die Mündung des weiten Gefäßes geſpannt hatte, außerordentlich geſpannt und ausgedehnt; hier wurde eben dadurch auf einer aus ein Paar Platten und einer blasbalgartigen Umgebung von Leder beſtehenden Vorrichtung ein ſehr ſchweres Gewicht eine Strecke (ſoweit es jene Umgebung geſtattete) emporgehoben. Bei Winterſchmiedts Waſſerſäulenmaſchine beſtand der niedrige Behälter aus einem weiten inwendig genau ausgebohrten Cy-

linder mit einem Kolben, unter welchen die hohe Waſſerſäule der langen Röhre drückte und ihn emportrieb; mittelſt eines eignen darunter befindlichen Hahns wurde das unter dem Kolben ſtehende Waſſer jedesmal wieder herausgeſchafft. Durch ein ſolches abwechſelndes Untertreten des Waſſers unter den Kolben und Wiederhinwegſchaffen, erhielt der Kolben ein ſtets auf- und niederwärts gehendes Spiel, welches man zur Betreibung anderer Pumpen u. dgl. benutzen konnte. — In der neueſten Zeit iſt ja derſelbe Druck des Waſſers zu den hydroſtatiſchen und hydrodynamiſchen Preſſen angewendet worden.

Zu dem Drehen des Hahns der Winterſchmiedtſchen Maſchine wurden abgerichtete Menſchen gebraucht. Der Oberkunſtmeiſter Höll zu Schemnitz in Ungarn bediente ſich zuerſt eines Mechanismus, der ſogenannten Steuerung, vermöge welcher die Maſchine ſelbſt das Oeffnen und Schließen des Hahns verrichten mußte. Schon im Jahr 1749 baute er eine Waſſerſäulenmaſchine mit einer ſolchen Steuerung, die man ſo nutzbar fand, daß bald noch mehrere derſelben angelegt wurden. Langsdorf in Heidelberg, Buſſe in Freyberg, Weſtgard in England, und von Reichenbach in München verbeſſerten ſpäterhin dieſe Waſſerſäulenmaſchine ſehr. Diejenige des Reichenbach iſt wohl die ſinnreichſte und kräftigſte unter allen. Sie wurde im Jahre 1817 zu Ilſang bei Berchtesgaden in Baiern gebaut, um eine Quantität geſättigter Soole aus dem Salzwerke von Berchtesgaden 1218 Fuß hoch emporzuſchaffen, damit dieſelbe dann durch Röhren nach Reichenhall laufen konnte.

§. 57.

Der Engländer Trevithick gab vor fünfzehn Jahren

eine hydrauliſche Maſchine an, deren bewegende Kraft gleichfalls von dem Drucke einer hohen Waſſerſäule herrührte. Eine ſolche Einrichtung, wie dieſe Trevithickſche Maſchine, hatten aber ſchon im Jahr 1731 die Franzoſen Deniſard und Deuille einer Maſchine gegeben, die in der neueſten Zeit der Engländer Boswell vervollkommnete. Indeſſen hat in der Folge auch Trevithick ſelbſt manche Veränderungen mit derſelben Maſchine getroffen. Die hydrauliſchen Maſchinen von dem Engländer Brooks und von dem franzöſiſchen Grafen Thiville ſind, ſowie manche andere, zu keiner nützlichen Anwendung gebracht worden.

Von der Saugſchwungmaſchine des Langsdorf iſt ebenfalls wenig Gebrauch gemacht worden. Dieſe Maſchine wirkt vereint mittelſt des Saugens, d. h. eines luftleeren Raums in einer, in das Waſſer geſtellten, vertikalen Röhre, und der ſogenannten Rückwirkung des Waſſers in ein Paar armförmigen Röhren, die mit dem innern Raume jener vertikalen Röhre Gemeinſchaft haben. Sowie aus Seitenöffnungen in den armförmigen Röhren Waſſer in eine kreisförmige Rinne ausläuft, ſo bildet ſich in der vertikalen Röhre der luftleere Raum, in welchen der Druck der äußern Luft das Waſſer hineintreibt, welches immer wieder zu den armförmigen Röhren ſeinen Ausweg findet. So geht das Spiel beſtändig fort.

§. 58.

Was die Rückwirkung oder Reaction des Waſſers (§. 134.) betrifft, ſo ſieht man dieſe beſonders an der im Jahr 1747 von Segner in Göttingen erfundenen Rückwirkungsmaſchine (dem Segnerſchen Waſſerra-

15 *

de), wo aus den horizontalen Seitenröhren eines mit Waſſer gefüllten vertikalen hohlen, auf Zapfen ruhenden, Cylinders nach einer und derſelben Gegend zu Waſſer herausläuft, wodurch die ganze Vorrichtung nach der entgegengeſetzten Richtung ſchnell in Umlauf geſetzt wird. Euler, Jacob Bernoulli, Krafft, Karſten und Boſſût haben über dieſe Maſchine, und über die Reaction des Waſſers überhaupt, bald Unterſuchungen angeſtellt; der Engländer Barker hat ſie zu einer Waſſermühle ohne Rad und Trilling anzuwenden geſucht; Hollenberg in Osnabrück, ſowie der Engländer Rumſey haben ſie verbeſſert; von Kempele aber hat ſie, indem er zu ihrem Triebe Dampf, ſtatt Waſſer, anwandte, zu einer Dampfmühle ohne Rad und Trilling eingerichtet.

§. 59.

Die größte mechaniſche Merkwürdigkeit, welche auch die wichtigſten Folgen hatte, war die Erfindung der Dampfmaſchinen. Man hatte wohl ſchon vor dieſer Erfindung die große Gewalt der in einem engen Raum eingeſchloſſenen Waſſerdämpfe gekannt. Beſonders hatte Dionyſius Papin, Leibarzt des Landgrafen von Heſſen-Caſſel und berühmter Naturforſcher, durch ſeinen nach ihm benannten Topf, und durch ſeinen Vorſchlag, mit Waſſerdampf zu ſchießen, aufmerkſam genug darauf gemacht; aber an die Benutznng deſſelben zum Treiben von Maſchinen dachte Papin noch nicht. Indeſſen findet ſich in einer kleinen ſchon im Jahr 1655 von dem engliſchen Marquis von Worceſter herausgegebenen Schrift die Beſchreibung von einer Maſchine, die durch Dämpfe von kochendem Waſſer getrieben werden könnte; aber ausgeführt wurde dieſe Maſchine nicht.

Nach einem noch jetzt im brittiſchen Muſeum zu London befindlichen Manuſcripte ſoll Samuel Morland im Jahr 1681 die Dampfmaſchinen erfunden haben; aber weder in England, noch in Frankreich, wohin Morland ſich wendete, ſoll die Erfindung beachtet worden ſeyn. Mehr Glück hatte der engliſche Kapitän Savary in den letzten Jahren des ſiebzehnten Jahrhunderts. Eine von ihm erfundene Dampfmaſchine wurde wirklich in den Kornwallſchen Bergwerken angelegt, wo ſie die zum Emporſchaffen des Grubenwaſſers beſtimmten Pumpen in Thätigkeit ſetzen mußte.

§. 60.

Daß die Savaryſche Dampfmaſchine noch ſehr unvollkommen war, kann man leicht denken. Die ein Dutzend Jahre nachher von Thomas Newcomen und John Cawley erfundene war ſchon beſſer. In den Jahren 1711, 1719, 1722, 1723 und 1726 wurden ſolche Dampfmaſchinen zu manchen großen Zwecken, wo durch viele Pumpen in kurzer Zeit ſehr viel Waſſer emporgehoben werden ſollte, angewendet. Aber auch dieſe Maſchinen, ſo kräftig ſie auch ſeyn mochten, waren doch noch ſehr unvollkommen; insbeſondere erforderten ſie eine gar zu koſtſpielige Feuerung. Der große Kolben eines großen weiten Cylinders wurde durch die in einer eignen Röhre von dem Dampfkeſſel herbeiſtrömenden Dämpfe gewaltſam in die Höhe getrieben; in dem Augenblicke aber, wo er ſeinen höchſten Stand erreicht hatte, ſpritzte ein durch eine beſondere Röhre herbeigeführter Strahl kaltes Waſſer unter ihn, vernichtete die Dämpfe durch Abkühlung und erzeugte unter dem Kolben einen ſolchen luftleeren Raum, daß nun der Druck der äußern Luft den Kolben mit großer Kraft wie-

der hinuntertrieb, wo dann daſſelbe Spiel von neuem anfing. Die Kolbenſtange war mit einem langen und ſchweren Waagbaum (Balancier) verbunden, welcher durch das Auf- und Niederſteigen der Kolbenſtange gleichfalls um ſeinen Mittelpunkt auf- und niederwiegen mußte; vermöge eines kleinen, mit Kunſtkreuzen verbundenen Geſtänges aber mußte die Bewegung des Waagbaums auf die Kolbenſtangen aller in Thätigkeit zu bringenden Waſſerpumpen hinwirken. Dieſelbe Bewegung des Waagbaums mußte zugleich vermöge eines künſtlichen Mechanismus, der Steuerung, die Hahnen oder Ventile der verſchiedenen zur Dampfmaſchine gehörigen Röhren zur rechten Zeit öffnen und ſchließen, um bald Dämpfe, ſowie Spritzwaſſer, in den Cylinder hineinzulaſſen, oder dieſelben davon abzuſchließen.

§. 61.

Im Jahr 1764 erfand James Watt zu Glasgow in Schottland eine weit vollkommnere Dampfmaſchine. Bei dieſer Dampfmaſchine war nämlich der elaſtiſche Waſſerdampf in ſo fern in ſeiner größten Stärke benutzt, daß bei ſeiner Verdichtung ein möglichſt luftleerer Raum erzeugt wurde. Wieder einige Jahre ſpäter brauchte Watt den luftleeren Raum gar nicht mehr, ſondern bei ſeinen abermals verbeſſerten Dampfmaſchinen mußte der Dampf den Kolben ſowohl hinauf, als hinunter treiben. Dieſe doppelt wirkenden Maſchinen, wie man ſie nannte, bedurften natürlich ſchon deswegen einer viel geringern Feuerung, weil kein Waſſer in den Cylinder ſpritzte, welches die Dämpfe alle Augenblick abkühlte.

Es iſt merkwürdig, welche geringfügige Umſtände oft zu wichtigen Erfindungen und Verbeſſerungen Anlaß geben. Bei

den älteſten Dampfmaſchinen wurde das Spiel der Hahnen (§. 60.) durch Menſchenhände geleitet. Unter andern war einſt ein geſcheuter Knabe, Potter, dabei angeſtellt. Dieſer befeſtigte, um es ſich bequemer zu machen, einen Strick ſo an die Griffe der Hahnen und an den Waagbaum, daß ſie zu rechter Zeit geöffnet und geſchloſſen wurden. Harry Brighton von Newcaſtle wurde dadurch auf die eigentliche Steuerung (§. 60.) geleitet, die Matthew Waſhbroug im Jahr 1778 bedeutend (mittelſt der Kurbel) verbeſſerte. Noch vollkommener richteten Boulton und Watt dieſelbe Maſchinerie ein. Sie erfanden dazu die ſogenannten Sonnen- und Planetenräder.

§. 62.

Als die Bahn zur beſſern Einrichtung der Dampfmaſchinen einmal gebrochen war, da folgten auch viele ihre Vervollkommnung betreffende Erfindungen und Verbeſſerungen ſehr raſch auf einander. Die Verbindung des Watt mit Boulton im Jahr 1774 hatte unter andern auch den Erfolg, daß bei den aus ihren Händen hervorgehenden Dampfmaſchinen die Erſparniß an Brennmaterial wenigſtens zwei Drittel in Vergleich mit den frühern Newcomenſchen Maſchinen betrug. Leztere hatten eine Kraft von 7 Pfund auf jeden Quadratzoll, die erſten Watt-Boultonſchen aber von $10\frac{1}{2}$ Pfund. Hornblower, der ihnen um's Jahr 1781 zwei Cylinder gab, verbeſſerte ſie bald ſo, daß auf den Quadratzoll eine Kraft von 16 Pfund ſtatt fand. In beiden Cylindern mußte der Dampf nach einander auf zwei Kolben ſeine Wirkung thun. Woolfs Maſchinen hatten eine ähnliche Einrichtung. Ventile, vornehmlich eigne Sicherheitsventile, Hahnen,

Kolben, Steuerung, Proberöhren mit den Probehahnen, Condenſator zur Verdichtung der benutzten Dämpfe, ſammt der Heißwaſſerpumpe zum Zurückführen des heiß gewordenen Waſſers in den Keſſel, ohne nöthig zu haben, dieſen zu öffnen, u. dgl. wurden nach und nach ausnehmend verbeſſert.

In England waren Droz, Dearborn, Cooke, Cartwright, Haſe, Woolf, Nancarrow, Luccok und Street diejenigen, welche zunächſt mancherley neue Einrichtungen von Dampfmaſchinen zum Vorſchein brachten. Vornehmlich ſind Woolfs Dampfmaſchinen ſehr berühmt geworden. Sein regulirendes Dampfventil war eine ſehr weſentliche Vervollkommnung. Droz machte eine Maſchine mit hölzernem Keſſel, worin zwei eiſerne ſtanden. Eigne Regulatoren, aus metallenen Kugeln beſtehend, die vermöge der Centrifugalkraft auseinander fliegen konnten, gaben der Maſchine mehr Regelmäßigkeit. Und wenn des berühmten böhmiſchen Grafen Bucquoi, zu verſchiedenem gemeinnützigem Gebrauch, vorgeſchlagene hölzerne Dampfmaſchine nicht die gehoffte Anwendung fand, ſo war daran nicht der geiſtvolle, unermüdet thätige Erfinder, ſondern die Lauheit des Publikums ſchuld.

§. 63.

Bis dahin waren die Dampfmaſchinen ſolche mit niedrigem Druck, d. h. die Kraft der Dämpfe ging bei ihnen nicht viel über den Druck der Atmoſphäre hinaus (mit welchem Druck bekanntlich die Queckſilberſäule in dem langen Schenkel unſeres Barometers balancirt). Die Dampfmaſchinen des Engländers Trevithick waren die erſten mit hohem Druck, d. h. ſolche, worin die Dämpfe eine Stärke

hatten, die dem Drucke von zwei, drei, vier und mehr Atmoſphären gleich kam. Die Keſſel dieſer Maſchinen wurden von dem ſtärkſten Gußeiſen gemacht; ſprang daher ein ſolcher Keſſel, ſo verbreitete er großes Unglück um ſich her.

Des Humphrey Edwards Dampfmaſchine, welche die Franzoſen Lejeune und Billard noch verbeſſerten, war keine mit niedrigem Druck und keine mit ganz hohem Druck; ſie ſtand in Hinſicht der Dampfkraft ohngefähr in der Mitte von beiden. Daher war ſie bei ungemeiner Kraft doch nicht ſo gefährlich, als die mit ganz hohem Druck.

§. 64.

Mit der kräftigſten Dampfmaſchine trat in der neueſten Zeit Perkins in London auf. Dieſe Dampfmaſchine hatte eine Kraft von 35 bis 37 Atmoſphären, und eine ſolche Einrichtung, daß der außerordentlich kräftige Dampf in demſelben Augenblicke ſich erſt erzeugte, wo er zur Bewegung der Maſchine (um einen Kolbenſchlag hervorzubringen) wirken ſollte. Mehrere Sicherheitsvorrichtungen, z. B. ein dünner kupferner Sicherheitsſack, ſollen vor jeder Gefahr des Zerſpringens ſichern.

Der Engländer Clark hat auch Dampfmaſchinen mit hohem Druck ohne Keſſel erfunden. Die Stelle des Keſſels erſetzt nämlich ein Syſtem von Röhren, welche eine viel größere Sicherheit, als der Keſſel gewähren. Hall, Haliburton, Penneck, Brunton, Alban, Evans, Badcock, Valeour, Saulnier und de Montgery gehören noch unter die neueſten Verbeſſerer der Dampfmaſchinen.

Bei jeder Dampfmaſchine kann zwar die geradlinichte Bewegung der Kolbenſtange und des mit ihr verbundenen Ge-

ſtänges mittelſt der Kurbel in eine drehende (kreisförmige) Bewegung verwandelt werden. Der Engländer Clegg erfand aber vor mehreren Jahren eine ſich ſelbſt drehende Dampfmaſchine, ohne jene Stangen- und Kurbelbewegung. Auch Morey und Bainbridge brachten dergleichen zum Vorſchein.

§. 65.

Die erſte Anwendung, welche man von den Dampfmaſchinen machte, war freilich die zum Treiben von Waſſerpumpen in Bergwerken; und dazu hatte man oft gar rieſenhafte Dampfmaſchinen. Es kam aber auch die Zeit, wo man ſich ihrer zu andern Zwecken gleichfalls bediente. So legte man vor beinahe dreißig Jahren erſt zu London und dann auch zu Paris Getraidemühlen mit vielen Gängen an, welche durch Dampfmaſchinen in Thätigkeit geſetzt wurden. Später benutzte man ſie auch zum Treiben von Lohmühlen, Oehlmühlen, Pulvermühlen, Papiermühlen, Walkmühlen, Pochwerken und andern Stampf- und Hammerwerken, zum Treiben der Blaſebälge und anderer Gebläſemaſchinen auf Schmelzhütten, als bewegende Kraft von Sägemühlen, Bohrmühlen, Schleifmühlen, Krempel-, Spinn- und Scheermaſchinen, von Prägemaſchinen, Druckmaſchinen ꝛc.

Die merkwürdigſte Anwendung, die man von den Dampfmaſchinen macht, iſt wohl diejenige zum Treiben der Schiffe, ſelbſt gegen Wind und Strom, indem man ſie ſo mit Schaufel- oder Ruderrädern eines Fahrzeuges verband, daß ſie, durch gehörige Umdrehung dieſer Räder, das Schiff ſelbſt, und zwar ſehr kräftig und ſchnell, fortbewegen mußten. Zwar hatte ſchon der Schottländer Clarke im Jahr 1791 ein kleines Schiff gezeigt, welches ſich auf dem Clyde-

fluſſe fortbewegte; die wahren Dampfſchiffe aber kamen doch erſt in Nordamerika zu Stande. Hatte man daſelbſt auch ſchon im Jahr 1798 die Einführung von Dampfſchiffen beſchloſſen, ſo verfloſſen doch wieder einige Jahre, ehe dieſer Plan wirklich im Großen ausgeführt wurde. Das erſte Schiff von dieſer Art machte Fulton. Es beſchiffte zum erſtenmal den Hudſonsfluß im Jahr 1807. Seine Länge war 140 Fuß, ſeine Breite 16½ Fuß. Es trug 3200 Centner. Nach wenigen Jahren hatte Fulton ſchon fünfzehn Dampfſchiffe von verſchiedener Form und Größe gebaut, und dieſe Zahl wurde in der Folge noch bedeutend vermehrt. Großbrittannien erhielt ſein erſtes Dampfſchiff im Jahr 1812. Wie allgemein die Dampfſchiffe bald in England, Schottland, Irland und in Frankreich wurden, und wie häufig ſie ſeit acht oder zehn Jahren auch in Deutſchland, z. B. auf dem Bodenſee, auf der Elbe, auf dem Rhein, auf der Donau ꝛc. eingeführt wurden, iſt gewiß Jedem in ganz friſchem Andenken. Verbeſſert wurden ſie in den letzten Jahren unter andern von Gordon, Rithie, Gladſtone, Church und Buchanan.

§. 66.

Nach einer ſolchen Anwendung der Dampfmaſchinen war es wohl nicht zu verwundern, daß man ſich ihrer auch zum Fortbewegen von Wagen, gleichſam als Dampfwagen oder Dampfpferd zu bedienen ſuchte. Dies war vor mehreren Jahren in England zuerſt der Fall bei der Stadt Leeds, indem der Wagen durch die darauf befindliche Dampfmaſchine, mittelſt einiger gezahnter Räder, an der gezahnten Seite einer Eiſenbahn ſchnell hingeführt wurde. An einen ſolchen Dampfwagen wurden mehrere andere Wagen gehängt, die

ſich mit jenem gleichfalls und eben ſo ſchnell fortbewegten. Bald wurden in England mehrere ſolcher Dampfwagen auf gleiche Weiſe angelegt; auch in einigen andern Ländern, z. B. in Schleſien, wurden ſie nachgeahmt.

Aber nicht blos für den Gebrauch auf Eiſenbahnen allein blieben die Dampfwagen eingeſchränkt, ſondern man ſuchte ſie in der neueſten Zeit auch, zuerſt nach dem Vorſchlage des Griffith, auf Landſtraßen zur Forbewegung von Kutſchen, z. B. von Poſtwagen, anwendbar zu machen. Man hatte da freilich, beſonders was Ungleichheit und Rauhheit der Wege, Berge rc. betraf, mit vielen Schwierigkeiten zu kämpfen. Doch ſcheinen die Engländer ſeit ein Paar Jahren auch dieſe überwunden zu haben, weil jetzt in England wirklich Poſt-Dampfkutſchen im Gange ſich befinden ſollen. Die Dampfwagen überhaupt hielt man ſeit ihrer Einführung für ſehr gefährlich, weil die dabei angewandten Dampfmaſchinen ſolche mit hohem Druck (§. 63.) ſeyn mußten. Denn die ganze Vorrichtung mußte, wegen Erſparniß des Raumes, ſo kompendiös wie möglich eingerichtet ſeyn. Griffith, M'Curdy, Murray und Stephenſon haben ſich beſonders die Verbeſſerung der Dampfwagen angelegen ſeyn laſſen.

§. 67.

Es war bei dem Bau und der Einrichtung der Dampfmaſchinen von weſentlichem Nutzen, daß mehrere Naturforſcher, wie Betancourt, Schmidt, Watt, Dalton, Bikker, Rouppe, Woolf, Prony, Robinſon, Taylor, Southern, Ure, Chriſtian u. a. gründliche Unterſuchungen über die Kraft der Waſſerdämpfe angeſtellt hatten. Dieſe Männer fanden unter andern, durch ſogenannte

Dampfbarometer und andere Vorrichtungen, daß die Dämpfe von 80 Grad Reaumür Wärme dieſelbe Kraft wie der Druck unſerer Atmoſphäre beſitzen, daß aber mit dem Wachsthum der Hitze die Kraft der Dämpfe wächſt, und zwar nicht gleichförmig, ſondern ſehr ſchnell beſchleunigend. — So ließ ſich denn an die bisher bekannten Theile der angewandten Mathematik allerdings ein neuer Theil, die Atmometrie, anſchließen.

Für Praktiker fand man es bald nach Einführung der Dampfmaſchinen beſonders nützlich, die mechaniſche Gewalt derſelben nach Pferdeskräften anzugeben; und dieſe Gewohnheit hat man auch bis jetzt noch beibehalten. Dieſer Sprachgebrauch entſtand deswegen, weil man die Dampfmaſchinen zu irgend einer Arbeit meiſtens an die Stelle der bisherigen Pferde ſetzte. In der That wurde es dadurch dem Beſitzer oder Käufer einer Dampfmaſchine auch bequem gemacht, eine Vergleichung ihres Effekts anzuſtellen.

§. 68.

Unter die ruhmwürdigſten Beſtrebungen mehrerer Mechaniker und Phyſiker der neueſten Zeit gehören endlich diejenigen, die Dampfmaſchinen möglichſt gefahrlos zu machen. Man fand, daß es hierbei vorzüglich auf gute Keſſel, gute Sicherheitsventile und auf eine genaue ſorgfältige Aufſicht ankam. Die Akademie der Wiſſenſchaften zu Paris ernannte vor einigen Jahren einen eignen Ausſchuß, welcher über die bei Dampfmaſchinen vorkommenden Gefahren genaue Unterſuchungen anſtellen mußte. Dieſer Ausſchuß beſtätigte unter andern, wenigſtens in der Regel, die Gefahrloſigkeit, ſelbſt der Dampfmaſchinen mit hohem Druck, unter jenen

Vorausſetzungen. Den Keſſeln aus geſchlagenem Eiſen mußte man vor den gußeiſernen den Vorzug geben, weil jene mehr zerreißen, als zerſpringen, folglich bei ihnen kein Umherſchleudern von Stücken ſtatt findet.

Lange Zeit fehlte den Dampfmaſchinen-Fabrikanten noch ein Mittel, die Stärke der Keſſel zu prüfen. Ein ſolches Mittel iſt in der neueſten Zeit gleichfalls, nämlich in der hydroſtatiſchen oder hydrodynamiſchen Preſſe (§. 86.) aufgefunden worden.

§. 69.

Eine der neueſten Erfindungen, die merkwürdig iſt, aber gleichſam noch in der Kindheit liegt, iſt die von dem Engländer Brown erfundene Vacuum-Maſchine oder Gasmaſchine. So wie bei den ältern Dampfmaſchinen durch Zerſetzung oder Niederſchlagung von Dampf ein luftleerer Raum entſteht, ſo wird bei der Gasmaſchine ein ſolcher Raum durch das Verbrennen von brennbarem Gas (Waſſerſtoffgas) gebildet. Dieſes Gas wird auf ähnliche Art aus Steinkohlen, Oehl u. dgl. wie bei der Gasbeleuchtung entwickelt, in einem Gasbehälter geſammlet und durch Röhren in einen Cylinder geführt, worin ein Kolben auf und nieder ſpielen ſoll. In dem Cylinder wird es durch einen hineinſtreichenden brennenden Gasſtrom entzündet und treibt während ſeines Verbrennens einen bedeutenden Theil atmoſphäriſche Luft heraus. Das Verbrennen erzeugt in dem Cylinder einen luftleeren Raum, der ſich bis zu einer eignen mit einem Waſſerbehälter communicirenden Kammer hin erſtreckt. Die Atmoſphäre drückt dann auf das Waſſer und treibt es, mit

Beihülfe von Ventilen, auf ein oberſchlächtiges Rad, welches dadurch in gehörigen Umlauf kommt.

Der Erfinder glaubt, er werde mit ſeiner Maſchine noch einmal die Dampfmaſchinen verdrängen, weil ſie bequemer, weniger koſtſpielig, weniger gefahrlos u. dlg. wäre. Wirklich hat der Amerikaner Stapel auch ſchon Luftboote ſtatt Dampfboote auf dem Waſſer, freilich noch mit keinem Erfolg, einzuführen geſucht.

§. 70.

Vitruv giebt den Cteſibius als Erfinder der Druckwerke oder Druckpumpen an (§. 51.). Nicht blos zum kräftigen Emportreiben des Waſſers überhaupt, ſondern auch zum Feuerlöſchen insbeſondere hatte Cteſibius ſolche Druckwerke vorgeſchlagen. Eine wirkliche Feuerſpritze aber, und zwar die ſogenannte Stoßſpritze, welche das Waſſer ſtoß- oder abſatzweiſe in die Höhe wirft, brachte Hero, der Schüler des Cteſibius, zum Vorſchein. Damals gab man den Feuerſpritzen den allgemeinen Namen Siphones, wie man aus dem Plinius ſieht.

Sehr ſelten waren damals die Feuerſpritzen allerdings und blieben es auch noch mehrere Jahrhunderte hindurch; ſelbſt im vierten chriſtlichen Jahrhundert noch, wo Heſychius nnd im ſiebten Jahrhundert, wo Iſidor von Feuerſpritzen redet. Diejenigen Feuerſpritzen, welche man zu Ulpian's Zeiten in Rom hatte, waren nur klein und ſehr unvollkommen. Dies blieben die Feuerſpritzen überhaupt bis in die neuern Zeiten.

§. 71.

Deutſchland ſcheint ſeine Feuerſpritzen, wenigſtens ſeine

größern fahrbaren, erſt im funfzehnten Jahrhundert erhalten zu haben. Denn Frankfurt am Main erhielt die erſte im Jahr 1460; und ſelbſt andere wichtige Städte, wie Nürnberg und Dresden, erhielten ſie ſpäter. Im ſechszehnten Jahrhundert war zu Nürnberg der Spritzenmacher Johann Hautſch berühmt. Dieſer gab den Spritzen ſchon ein, mittelſt des ſogenannten Schwanenhalſes, nach allen Richtungen hin bewegliches Standrohr. Den Schlauch oder die Schlange aber erfanden die beiden Holländer van der Heide zu Amſterdam im Jahr 1672. Sie nannten deswegen ihre Feuerſpritzen Schlangenpumpen. Dieſe Schläuche, aus Segeltuch, waren mit einem ſchicklichen Kitte waſſerdicht gemacht. Später machte man ſie von Leder. Die hänfenen Schläuche ohne Naht aber brachte zuerſt der Poſamentirer Beck in Leipzig um's Jahr 1720 zum Vorſchein.

§. 72.

Noch fehlte den Feuerſpritzen, um ſie zu recht wirkſamen Maſchinen zu machen, der Windkeſſel oder Luftkeſſel. Denn in dieſen Keſſel (ein luftdichtes kupfernes, oben gewölbtes Behältniß) wird das Waſſer aus den Stiefeln hineingepumpt, wodurch die Luft des Keſſels nach der Wölbung zu in einen immer engern und engern Raum gebracht, folglich immer mehr verdichtet wird. Sie beſtrebt ſich, vermöge ihrer Elaſticität, wieder auszubreiten, kann aber nicht, ſondern vermöge dieſes Beſtrebens nur drücken, z. B. auf das unter ihr befindliche Waſſer. Iſt daher mit dem Boden des Keſſels, wo dieſes Waſſer ſich befindet, eine Röhre oder ein Schlauch verbunden, ſo muß jener Druck der Luft das Waſſer zu dieſem

Schlauche heraustreiben, und zwar in einem ununterbrochenen Strahle, der immer von gleicher Stärke bleibt, wenn die Luft des Keſſels durch fortdauerndes Pumpen in einem gleich verdichteten Zuſtande erhalten wird.

Die älteſte Windkeſſel-Spritze hat Perrault im Jahr 1684 beſchrieben. Daher kann man wohl annehmen, daß ſolche Spritzen erſt nach der Mitte des ſiebzehnten Jahrhunderts erfunden wurden. Obgleich durch Leupolds Bemühungen zu Anfange des achtzehnten Jahrhunderts dieſe Feuerſpritzen bekannter wurden, ſo iſt doch noch über die Hälfte deſſelben Jahrhunderts darauf hingegangen, ehe ſie die alten Stoßſpritzen ziemlich allgemein verdrängten. — Die Zubringer oder Anbringer für die Spritzen (gewöhnlich eine Art ſehr einfacher Saugpumpen), womit man dieſe oft leicht und bequem mit dem benöthigten Waſſer verſehen kann, ſind von den ſchon erwähnten Holländern van der Heide erfunden worden.

§. 73.

Selbſt die erſten Windkeſſel-Spritzen waren noch immer übermäßig ſchwere Maſchinen, ſie mochten nun fahrbare Spritzen oder auch größere und kleinere tragbare ſeyn. In manchen einzelnen Theilen konnten ſie noch verbeſſert werden, theils um ſie zu einem leichtern bequemern Transport geſchickt zu machen, theils um der bewegenden Kraft (den daran arbeitenden Menſchen) Erleichterung zu verſchaffen, theils um ihren Effekt zu vergrößern.

Schon der berühmte franzöſiſche Hydrauliker Belidor trug vor der Mitte des achtzehnten Jahrhunderts nicht wenig zu dieſer Verbeſſerung bei. Daſſelbe thaten nach der Mitte deſſelben Jahr-

hunderts **Karſten**, **Klügel**, **Neubert**, **Kampe**, **Heſſe**, **Helfenzrieder**, **Silberſchlag**, und gegen Ende deſſelben Jahrhunderts **Kerſting**, **Kosmann**, **Buſſe** u. a. Die Engländer **Newſham** und **Rowntree** vervollkommneten die Feuerſpritzen in der neueſten Zeit ausnehmend, ſowohl was ihre Kraft, als bequemere Bewegungsart betrifft; und beſonders ſind in den letzten Jahren auch ungemein zweckmäßige und einfache **Hausſpritzen** (Handfeuerſpritzen) zum Vorſchein gekommen. Die ſchon im Jahr 1792 von **Löſcher** in Freyberg erfundene **Trichterſpritze** iſt in keinen Gebrauch gekommen.

§. 74.

Springbrunnen oder **Fontainen** ſind ſehr artige hydrauliſche Veranſtaltungen, Waſſer aus Oeffnungen von Röhren in einem oft ſehr hohen Strahle gewaltſam herauszutreiben, entweder blos durch den eignen Druck einer hohen Waſſerſäule (§. 56.), oder durch ein beſonderes Druckwerk (§. 51.), oder durch Verdichtung, auch wohl durch Verdünnung von Luft.

Schon in alten Zeiten gab es ſolche Springbrunnen, zur Luſt in Städten, in Gärten ꝛc. Aber theoretiſche Unterſuchungen und mancherley Experimente, welche vornehmlich darauf abzweckten, den Strahl möglichſt hoch zu bringen, ſind erſt in neuern Zeiten angeſtellt worden. Vornehmlich hat ſich hierin der Franzoſe **Mariotte** ausgezeichnet. Aber auch **s'Graveſande**, **Deſaguliers**, **Boſſut** und **Langsdorf** haben darüber recht ſchöne Erfahrungen geſammelt. So weiß man nun daraus z. B., daß der Strahl auf die größte Höhe kommt, wenn die Aufſatzröhre nicht, wie ge-

wöhnlich, koniſch ausgehöhlt iſt, ſondern bis an ihre Mündung gleiche Weite behält, wie die Sprungröhre ſie hat, und wenn auf der Mündung blos eine Platte mit einer Oeffnung ſich befindet, die ſich zur Weite der Röhre wie 1 zu 6 verhält. — Springbrunnen mit allerley Verzierungen beſchrieb übrigens ſchon Böckler im Jahr 1664; Sturm im Jahr 1718; der Engländer Switzer im Jahr 1729.

§. 75.

Es giebt Maſchinen, welche einen Wind erregen, und zwar für zweyerley Zwecke: entweder, um in Gruben (Bergwerken) friſche Luft hineinzuſchaffen und verdorbene Luft herauszuſchaffen, wie die ſogenannten Wettermaſchinen; oder um das Feuer eines großen Schmelzofens anzufachen, wie die ſogenannten Balgmaſchinen, Gebläſemaſchinen. Die beſſern Arten der Wettermaſchinen ſind erſt im achtzehnten Jahrhundert erfunden worden, z. B. der Wetterkaſten oder Windkaſten (eine blaſebalgartige Vorrichtung) im Jahr 1721 von dem Maſchinen-Director Bartels zu Clausthal; der Wetterſatz (eine Art Saugwerk) im Jahr 1734 von Schwarzkopf zu Clausthal; u. ſ. w.

Die ledernen Blaſebälge waren ſchon den Griechen bekannt. Auch die größern derſelben zum Hütten-Betrieb wurden bis zu Anfange des vierzehnten Jahrhunderts von Menſchenhänden in Bewegung geſetzt. Nun erſt fing man an, Waſſerräder, oberſchlächtige und unterſchlächtige, dazu anzuwenden. Zwei Bälge legte man gewöhnlich neben einander, wovon der eine zu derſelben Zeit Luft ſchöpfte, wo der andere das Blaſen oder Hinausdrücken der vorher geſchöpften Luft verrichtete; und dieſe Blaſebälge wurden entweder mit-

telſt einer mit der Waſſerrads-Welle in Verbindung gebrach-ten Kurbel und Kette, oder mittelſt der auf der Waſſerrads-Welle befindlichen Däumlinge in Thätigkeit geſetzt.

§. 76.

Da die ledernen Bälge nicht dauerhaft und beſonders dem Zerreißen leicht ausgeſetzt waren; da ſie eben deswegen einer ſorgfältigen Wartung und eines beſtändigen Einfettens bedurf-ten, ſo erfand man ſchon vor der Mitte des ſechszehnten Jahrhunderts die hölzernen Bälge, Kaſtengebläſe oder Schachtelgebläſe. Den letztern Namen erhielten ſie, weil ſie wirklich mit Schachteln einige Aehnlichkeit haben, in-dem über den Rand des Untertheils ein Deckel, mittelſt der gewöhnlichen Maſchinerie, ſich auf und nieder bewegen läßt. Hans Lobſinger in Nürnberg verfertigte ſolche Blaſe-bälge ſchon vor der Mitte des ſechszehnten Jahrhunderts; doch ſcheinen ſie erſt zu Anfange des ſiebzehnten bekannter geworden zu ſeyn. Auf dem Harz wurden ſie im Jahr 1620 eingeführt; am Ende deſſelben Jahrhunderts kamen ſie erſt nach Frankreich. England lernte ſie noch ſpäter kennen.

Eben ſo, wie man bei den Stampf- und Hammerwer-ken die Epicycloide als beſte Geſtalt für die Däumlinge an-wandte, ſo geſchah dies auch bei denjenigen Balgwerken, wo Däumlinge den Deckel der Blaſebälge niederdrücken mußten, damit gleich hinterher das Gegengewicht eines Hebels ihn wie-der in die Höhe heben konnte. Beſonders den Schweden, wie Polhem, Rinman, Elvius, Holmgren, Harle-man, verdanken wir intereſſante mechaniſche Unterſuchungen hierüber.

§. 77.

Einen ganz gleichförmigen Luftſtrom, wie er doch zu einer ganz vorzüglichen Wirkung eines Gebläſes nothwendig wäre, bewirkten ſelbſt die beſten Blaſebälge noch nicht; immer bließ er noch abſatzweiſe in's Feuer. Durch die herrlichen engliſchen Cylindergebläſe wurde dieſer Unvollkommenheit abgeholfen. Dieſe in der letzten Hälfte des achtzehnten Jahrhunderts in England erfundenen und daſelbſt in mehreren Schmelzhütten bald eingeführten Gebläſe hatten eine ähnliche Einrichtung, wie die Waſſerdruckwerke mit Windkeſſel. Durch einen großen, etwa von einem Waſſerrade auf und nieder getriebenen Waagbaum wurden Kolben in großen eiſernen Cylindern in Thätigkeit geſetzt, um Luft darin aufzunehmen und in eine Art Windkeſſel (Wind- oder Luftbehälter) zu preſſen. Hier wurde die Luft durch eigne Vorrichtungen bis zu einem gewiſſen Grade verdichtet, damit ſie durch eigne Röhren ins Feuer ſtrömen und ununterbrochen blaſen konnte.

Frankreich erkannte auch bald den großen Nutzen dieſes Gebläſes; ſchon vor etlichen vierzig Jahren führte es daſſelbe in mehreren ſeiner Hütten ein. Durch des berühmten baierſchen Mechanikers Joſeph von Baader's Bemühungen, der zugleich eine ſcharfſinnige Theorie des engliſchen Cylindergebläſes lieferte, wurde es zwar auch in Deutſchland frühzeitig bekannt; weil man aber damals auf den deutſchen Hütten die großen eiſernen Cylinder noch nicht ſo, wie in England verfertigen konnte, ſo verſtrichen noch viele Jahre bis zur Einführung dieſes Gebläſes. Erſt in der neueſten Zeit iſt es auf mehreren der angeſehenſten deutſchen Hütten geſchehen.

§. 78.

Hydroſtatiſche Gebläſe, Waſſergebläſe, bei denen zum Herbeiführen und Fortdrücken der Luft auch Waſſer mit thätig ſeyn muß, hatte man, wie aus Mariottes, im Jahr 1686 gedruckter Abhandlung über die Bewegung des Waſſers zu erſehen iſt, im ſiebzehnten Jahrhundert ſchon. Nach der Behauptung des Franzoſen Grignon wären dieſe Gebläſe ums Jahr 1640 in Italien erfunden worden. Die ſchon in früherer Zeit als Wettermaſchine bekannte Waſſertrommel (worin, durch den Fall von Waſſer aus einem Trichter, Luft verdichtet wird) wurde vor beinahe ſechszig Jahren von den Franzoſen als Blaſemaſchine auf Hütten angewendet. Zu demſelben Zweck hatte ſie aber auch ſchon in Deutſchland und in Schweden gedient.

Ein weit vorzüglicheres hydroſtatiſches Gebläſe, das zugleich einfach und nicht koſtſpielig war, erfand Joſeph v. Baader in München vor etlichen dreiſſig Jahren. In einem großen, mit Waſſer gefüllten cylindriſchen Gefäße (einem großen Faſſe) ließ ſich ein zweites etwas kleineres, aber umgekehrtes Gefäß, gleichſam als Kolben auf und nieder bewegen, um zwiſchen daſſelbe und die Waſſer-Oberfläche, vermöge eigner mit Klappen verſehenen Röhren, Luft zu bringen, welche jedesmal beim Herabſinken deſſelben Gefäßes durch eine eigne Röhre entweder ſogleich in den Ofen geblaſen oder vorher erſt, um den Luftſtrom ununterbrochen zu machen, in ein eignes Luft-Verdichtungsgefäß gebracht wurde. In mehreren Hütten wurde dieſes Gebläſe bald mit Nutzen eingeführt. — Hiemke, Hornblower u. a. ſchlugen ebenfalls eigne Arten von Waſſergebläſen vor. Newmans

Knallgasgebläſe iſt beſonders zu phyſikaliſchen und chemiſchen Verſuchen berühmt geworden.

§. 79.

Die Fuhrwerke, beſonders die Räderfuhrwerke, gehören ohnſtreitig unter die allernützlichſten Maſchinen, welche es giebt. Wie übel würde es in mancher Hinſicht mit uns ausſehen, wenn es keine Frachtwagen, keine Bauer- oder Ackerwagen, keine Chaiſen odee Reiſewagen u. dgl. gäbe! Sehr alt iſt der Gebrauch der Räderfuhrwerke allerdings. Die Erfindung derſelben ſchrieben die Griechen den Göttern zu, z. B. Homer der Minerva. Ovid gab den Vulkan als Erfinder an.

Im alten Aegypten waren die Fuhrwerke nicht unbekannt mehr; und daß die alten Israeliten ſchon Wagen hatten, ſelbſt bedeckte Wagen oder Staatswagen, lieſt man ja in mehreren Stellen des alten Teſtaments. In den Kriegen der Alten kamen die Streitwagen vor. Die Staatswagen der Alten, ähnlich den noch jetzt in Indien und China üblichen, hatten eine Decke, eine Rücklehne und konnten durch Vorhänge, die oft prachtvoll waren, nach Belieben verſchloſſen werden. Dieſe Art Wagen gaben ohnſtreitig zur Erfindung der Kutſchen Veranlaſſung, welche, im ſechszehnten Jahrhundert in dem ungariſchen Dorfe Kotſee (jetzt Kitſee) zuerſt ans Licht gebracht, in Deutſchland Gutſchi-Wagen, woraus ſpäter Kutſche entſtand, genannt wurden. Vor dem fünfzehnten Jahrhundert hielt man es in Deutſchland nur für Frauenzimmer ſchicklich, im bedeckten Wagen überhaupt zu fahren; bald bedienten ſich aber auch Kaiſer, Könige und Fürſten derſelben, die auswen-

dig und inwendig oft ſchön ausgeſchmückt waren. Erſt im ſiebzehnten Jahrhundert wurden ſie nach und nach allgemeiner. Poſtwagen und Miethkutſchen gebrauchte man von der Mitte des ſiebzehnten Jahrhunderts an, erſt in Frankreich, dann in Deutſchland und andern Ländern. Um die: dieſelbe Zeit hatte der brandenburgiſche Obriſt von Chieze, ein geborner Piemonteſer, die ſogenannten Berlinen erfunden. Auch kamen in Deutſchland die Wurſtwagen zum Vorſchein. Leichte Chaiſen, (z. B. Wiener und Böhmiſche Chaiſen) Phaetons, Kabriolets, Jagdwagen, Trotſchken u. dgl. wurden nach und nach von mancherlei Form erfunden. Was hierin beſonders in der neueſten Zeit gethan wurde, iſt ja bekannt genug. Noch vor fünfzig, ſechzig Jahren waren die Chaiſen, Reiſewagen ꝛc. ziemlich ſchwerfällige Maſchinen; jetzt ſind ſie viel einfacher, zierlicher, auch prunkloſer und überhaupt zweckmäßiger.

§. 80.

Im achtzehnten Jahrhundert hatte man erſt angefangen, die Fuhrwerke von der eigentlich mechaniſchen Seite zu betrachten, und Grundſätze aufzufinden, durch deren Anwendung jedes Fuhrwerk dauerhafter, bequemer und leichter zu bewegen war. Der Franzoſe Camus war einer der erſten, welcher im Jahr 1724 ſolche Grundſätze aufſtellte. Ihm folgten le Large, Girard, d'Hermand, Reſſin, Godefroy, Gourney, du Quet, Maillard, le Lievre, Brethon, Reynal, Brodier, Chenonceaux, Dupin, Ellis, Cuſſet u. a. Unter den Deutſchen erwarben ſich ſpäter Nicolaus Mönnich, Krönecke, Schlichtegroll, Joſeph von Baader u. a.

manche Verdienſte um die Theorie und beſſere Einrichtung der Fuhrwerke. Unter den Engländern zeichneten ſich hierin vornehmlich Edgeworth, Cumming, Reddel, Anſtice und Rumford aus.

Zu den Verbeſſerungen der Wagen überhaupt gehörte zuvörderſt eine genauere gründlichere Conſtruction der Räder. Man konnte leicht beweiſen, daß höhere Räder für die Kraft vortheilhafter waren, als niedrige. In England führte man zuerſt, und zwar für ſchwere Fuhrwerke, die breiten Felgen ein, welche nicht in die Straſſen einſchneiden konnten, welche leicher über Löcher und Unebenheiten hinrollten, und gleichſam als Walze die Straſſen verbeſſerten, ſtatt ſie, wie die ſchmalen Räder, zu verderben. In Frankreich ahmte man dieſe Methode bald nach; in Deutſchland führte man ſie auch hin und wieder, aber lange nicht ſo allgemein ein, als ſie es verdiente. Der berühmte Britte in München, Graf Rumford, ſchlug ſie auch für Chaiſen und Reiſewagen, ſogar für ſogenannte Luxuswagen vor, wo ſie allerdings in den meiſten Fällen ebenfalls ſehr zur Erleichterung der Pferde dienen würden.

§. 81.

Bei Chaiſen und Reiſewagen kamen ſchon ſeit geraumer Zeit eiſerne Achſen vor, die in meſſingenen Büchſen lieſen. Die damaſcirten Achſen aber, welche aus innig zuſammengeſchweißten Eiſen- und Stahlſtangen beſtehen und ſelbſt bei einer größern Dünne von ungemeiner Dauerhaftigkeit ſind, wurden erſt ſeit wenigen Jahren von den Engländern vorgeſchlagen. Lankensberger in München erfand in der neueſten Zeit bewegliche Achſen, d. h. ſolche, die

mit einem Gewinde und zwar ſo verſehen waren, daß der Wagen überall leicht wenden konnte. Indeſſen war doch bei dieſer ſinnreichen Einrichtung noch manches auszuſetzen. Bei dem neuen Wagen des Bauer in London berührten ſich dünne eiſerne Axe und meſſingene Büchſe in der Nabe nicht an allen Stellen, ſondern wegen gemachter Höhlungen nur da, wo ſie am ſtärkſten waren. Die Reibung wurde hierdurch verringert und jene Höhlungen dienten zugleich nützlich als Schmierbehälter. Wagen mit gebogenen Radfelgen aus einem Stücke, welche ſehr dauerhaft ſeyn mußten, richtete ſeit einigen Jahren der preußiſche Obriſt Neander ein. Sinnreiche Vorrichtungen, das Abfliegen der Räder von der Achſe zu verhüten, erfand unter andern der Engländer Padbury; Reſerve- oder Sicherheitsräder gegen das Umfallen der Wagen bei dem Abfliegen oder Zerbrechen des Rades, beim Brechen der Achſe ꝛc. ſowie Vorrichtungen überhaupt, das Umwerfen der Wagen zu verhüten, ſchlugen die Engländer Cook, Milton, Heycock und Wilkinſon vor.

§. 82.

Stahlfedern zwiſchen dem Kaſten und Geſtelle der Chaiſen, Reiſewagen ꝛc. mußten ſchon längſt das Fortpflanzen der Stöße verhüten, die auf unebenen Wegen das Geſtelle erlitt. Es war leicht einzuſehen, daß eine ſolche Auflöſung und Vernichtung der Stöße durch elaſtiſche Theile auch auf die Zugthiere ſehr vortheilhaft ſeyn und dieſen einen leichtern Zug verſchaffen mußte. Deswegen wandte der Engländer Edgeworth ähnliche elaſtiſche (wenn auch nicht ſtählerne) Theile auch bei gemeinen Wagen und Karren an. Er nahm

dazu hölzerne elaſtiſche Schwungbäume, die er oben mit den Achſen des Fuhrwerks verband. Es zeigte ſich wirklich, daß bei ſo eingerichteten Fuhrwerken eine bedeutende Kraft geſparrt wurde.

Die gewöhnlichen Stahlfedern an Chaiſen und Reiſewagen haben die Form eines lateiniſchen C. Vor ohngefähr zwanzig Jahren aber kamen in England die elliptiſchen Federn zum Vorſchein, worauf der Kaſten ruhte. Eine ſolche Feder beſteht aus zwei halben elliptiſchen Bögen, die durch Scharniere mit einander vereinigt ſind. Auf der flachen Wölbung der liegenden Ellipſe ſpielte der Kaſten recht ſanft auf und nieder. Herr von Reichenbach in München ſchlug ganz kreisförmige Federn (Ringfedern) vor, deren zwei immer zuſammengehörten. Man hatte aber bei dieſen Federn hauptſächlich das auszuſetzen, daß, wenn ſie brachen, ſie nicht ſo leicht, wie die gewöhnlichen Federn, wieder hergeſtellt werden konnten. Die noch vor Kurzem vorgeſchlagenen ſpiralförmigen Federn (Springfedern) möchten wohl ſchon deswegen am zweckmäßigſten ſeyn, weil, wenn ſie auch an einer Stelle brechen, doch die übrigen Gänge noch ihre Dienſte thun.

§. 83.

Selbſt auf Schiebkarren und ähnliche gemeinere Fuhrwerke erſtreckten ſich manche Verbeſſerungen, die von mechaniſchen Theorien herrührten. Die vor ohngefähr fünfzehn Jahren von dem Herrn von Drais in Mannheim erfundenen zweirädrigen Laufmaſchinen (Draiſinen) ſind jetzt wieder ziemlich in Vergeſſenheit gekommen; und die mancherley mechaniſchen Vorrichtungen, welche die Gefahr beim Durchge-

hen der Pferde verhüten ſollten, werden noch immer wenig beachtet.

Die Eiſenbahnen mit den darauf gehenden Fuhrwerken finden dagegen in der neueſten Zeit deſto mehr Aufmerkſamkeit. Der Erfinder derſelben war im Jahr 1768 der Engländer Edgeworth; und ihre Einrichtung gründete ſich auf den richtigen Satz: daß jeder Wagen mit deſto geringerer Kraft forbewegt werden kann, je ebener, härter und glatter der Weg iſt, worauf die Räder rollen. Jede Eiſenbahn beſteht aus parallelen, genau an einander gefügten, glatten Eiſenſchienen (früher hatte man bisweilen hölzerne genommen), welche von Strecke zu Strecke ſteinerne Unterlagen und auf den von den Rädern des Wagens berührten Flächen eine den Felgen der Räder gemäße Geſtalt haben. Dieſe Geſtalt, ſowie die Form der Radfelgen, hat zugleich eine Beſchaffenheit, daß der Wagen nicht von der Bahn ausweichen kann. In dieſer Hinſicht erfand man zwei Hauptarten von Eiſenbahnen, welche die Engländer Railroads und Tramroads nennen. Jene ſind auf der obern und innern Kante vollkommen glatt, und die darauf gehenden Wagen haben an der inwendigen Seite der Radfelge eine Falze, mittelſt welcher der Wagen auf der Bahn erhalten wird; bei den Tramroads hingegen hat die Bahn auf der äußern Seite eine emporſtehende Kante und die Felgen der Räder ſind auf die gewöhnliche Art eingerichtet. Indeſſen giebt es noch andere Einrichtungen, z. B. die ovale Bahn des Wyat. Auch haben außerdem die Engländer Perkins, Scott, James und Cayley, ſowie die Deutſchen Palmer und von Baader die Eiſenbahnen zu verbeſſern geſucht, letztere beiden

Männer nach der Zeit, als man angefangen hatte, ſie auch in Deutſchland einzuführen. Palmers Eiſenbahn beſteht aus einer Gleiſe.

§. 84.

Man hat die Eiſenbahnen bis jetzt hauptſächlich, beſonders in England, zum Transportiren von Steinkohlen, Eiſenſteinen, Eiſen, Kalk, Bauſteinen u. dgl. angewendet. Gewöhnlich laufen zwei etwas ſchräg gehende Bahnen neben einander; auf der einen werden mehrere an einander gehängte beladene Wagen von einem Pferde (auch wohl von einer Dampfmaſchine, §. 66.) mit der größten Leichtigkeit hinuntergezogen; auf der andern werden die leeren Wagen wieder hinaufgezogen. So zieht ein Pferd auf zwölf bis vierzehn an einander gehängten Wagen wohl 400 bis 800 Centner.

Herr von Baader hat für die Eiſenbahnen Erfindungen gemacht, welche dem erſten engliſchen Mechaniker zur größten Ehre gereichen würden. Dieſe Erfindungen ſollen ſelbſt für die ſchwerſten Fuhrwerke auf Landſtraßen anwendbar ſeyn, es mag gerade aus, oder bergauf oder bergab gehen. — Aehnliche mechaniſche Vorrichtungen kamen bei den berühmten ſchiffbaren Kanälen des Herzogs von Bridgewater in England vor.

§. 85.

Die Erfindung der Schrauben-Preſſen hat wohl mit der Erfindung der Schrauben ſelbſt gleiches Alter. Aber wie vielfältig iſt die Anwendung ſolcher Preſſen erſt in der ſpätern Zeit geworden, z. B. zu Packpreſſen, zu Papierpreſſen, Buchdruckerpreſſen, Münzpreſſen u. ſ. w. Cylinderpreſſen (Walzenpreſſen), entweder ſolche, wo ein

ſchwerer ſteinerner oder metallener Cylinder auf einer Ebene herum- oder hin- und herrollt und die unter ihm liegende Materie preßt, oder ſolche, wo ein Paar ſchwere Cylinder nahe über einander oder neben einander liegen und den zwiſchen ſie gebrachten Körper preſſen, ſind wohl nicht ſo alt, wie die Schraubenpreſſen; und die mannigfaltige Anwendung derſelben zum Zerquetſchen, zum Ausdrücken von allerley Körpern, zum Plattdrücken von Metallen, zum Bedrucken von Zeugen und Papier, zum Glätten ꝛc. verdanken wir erſt der neuern Zeit. Zu welchem merkwürdigen Gebrauch die Cylinderpreſſen Anlaß gegeben haben, zeigen ohnedies die Kö-nig-Bauerſchen Buchdruckerpreſſen, welche man Schnellpreſſen zu nennen pflegt. Auch die Engländer Bacon und Duncan haben ähnliche Preſſen vorgeſchlagen. Bei den Maſchinen zur Fabrikation des endloſen Papiers machen Walzen gleichfalls die Hauptheile aus. Keilpreſſen haben ohngefähr das Alter unſerer Oehlmühlen. Erfindungen aus der neueſten Zeit aber ſind die hydroſtatiſchen Preſſen, die Luftpreſſen und die Dampfpreſſen. Die nützlichſten unter dieſen neuen Preſſen ſind die hydroſtatiſchen.

§. 86.

Die Wirkung der hydroſtatiſchen Preſſe rührt von einer in einer langen Röhre befindlichen hohen Waſſerſäule her, die, wie bei der Waſſerſäulenmaſchine (§. 56.), auf einen großen Kolben wirkt und dieſen gewaltſam in die Höhe treibt. Die Kolbenſtange enthält eine ſtarke eiſerne Preßplatte und über dieſer iſt ein feſter mit dem ſtarken Gerüſt der Maſchine verbundener Riegel, zwiſchen welchem und

jener Platte die Sachen gepreßt werden. Der Engländer Bramah hat ſolche Preſſen vor ein Paar Dutzend Jahren zuerſt erfunden, und der Engländer Murray hat ſie mittelſt gezahnter Stangen und Stirnräder ſo eingerichtet, daß, wenn die Kolbenſtange mit ihrer Platte hinaufgetrieben wird, der obere Riegel zugleich hinunter ihr entgegen rückt. Da nun die Wirkung der Preſſe deſto größer ausfällt, je höher die drückende Waſſerſäule iſt, da aber auch die Behandlung der Maſchine deſto ſchwerer ausfällt, je höher die Röhre iſt, ſo verfiel man ſchon vor mehreren Jahren darauf, einen Hebel mittelſt eines in die Röhre gebrachten kleinen Kolbens (oder Stempels) zugleich auf die Waſſerſäule wirken zu laſſen, um das durch Hebelkraft zu erſetzen, was der Röhre an Höhe abging. So entſtanden die bald ſehr beliebt gewordenen hydromechaniſchen Preſſen. Nicht lange nach Bramahs Erfindung trat der franzöſiſche Graf Real mit ſolchen hydroſtatiſchen Preſſen auf, welche zum Extrahiren von allerley Stoffen aus Pulvern, Kräutern ꝛc. dienen konnten.

§. 87.

Vor wenigen Jahren erfand Rommershauſen zu Acken an der Elbe die Luftpreſſe, die zu einem ähnlichen Extrahiren, wie Reals hydroſtatiſche Preſſe (§. 86.) beſtimmt war. Sie gründete ſich darauf, daß in einem Cylinder, unter einer ſiebartigen mit der auszuziehenden Materie und Waſſer verſehenen Vorrichtung ein luftleerer Raum erzeugt wurde, wodurch der Druck der äußern Luft (wie bei manchen Verſuchen mit der Luftpumpe) das Waſſer gewaltſam an die Theilchen der auszuziehenden Materie preßte, das Ausziehbare ablöſete und dieſes mit dem Waſſer durch die Löcher des

Siebes trieb. Zur Erzeugung des luftleeren Raums hätte freilich eine Luftpumpe gebraucht werden können; da dieſe aber zu koſtſpielig geweſen wäre, ſo wandte Rommershauſen dazu eine kleine in einem beſondern Cylinder befindliche, mit dem erſtern Cylinder in Verbindung gebrachte Waſſerpumpe an.

Derſelbe Rommershauſen ſuchte in der neueſten Zeit die große Gewalt der verdichteten Waſſerdämpfe zu einer andern Art Preſſe, der Dampfpreſſe, anzuwenden. Hiermit iſt es aber bis jetzt zu keiner recht ernſthaften Anwendung gekommen.

§. 88.

Die einfachen Rammen oder Rammmaſchinen, womit man Pfähle in die Erde rammt, ſind ſchon alt. Aber die Maſchinenrammen, auch engliſche Rammen genannt, ſind erſt im achtzehnten Jahrhundert erfunden worden. Bei jenen Rammen war das Seil oder Tau an den ſchweren Rammklotz befeſtigt, und oben über eine Rolle des Gerüſtes geführt; eine große Anzahl Menſchen zogen wiederholt an dem Seile, hoben dadurch den Rammklotz etwa 4 oder 5 Fuß hoch über dem Pfahle empor und ließen das Seil ſo lange los, bis der herunter gefallene, aber mit dem Seile in Verbindung bleibende Klotz ſeinen Schlag gethan hatte. Bei den Maſchinenrammen hingegen wurde Alles von wenigen Menſchen durch eine Winde in Bewegung geſetzt. Der Rammklotz hängte ſich von ſelbſt in einen Haken des einen Seilendes, löſte ſich, wenn er 8 bis 18 Fuß hoch gekommen war, an einer oben am Gerüſte befindlichen Vorrichtung aus und fiel dann ſehr kräftig ohne Seil auf den Pfahl herab.

Nun wurde das Seil wieder zurück gewunden, bis der Haken deſſelben den Rammklotz wieder faßte, u. ſ. fort.

Der Schwede Polhem hat ſolche Maſchinenrammen von guter Einrichtung vor der Mitte des achtzehnten Jahrhunderts verfertigen und anwenden laſſen. Diejenigen, welche früher de la Hire, Camus, Leupold und Belidor angaben, hatten noch nicht dieſelbe Vollkommenheit. Die Schweden Nordenſkiöld und Elianđer, die Franzoſen Vauloué und Perronet, der Engländer Bunce, die Deutſchen Schmidt, Löwel u. a. verbeſſerten dieſe Art Rammen noch. Woltmann lieferte im Jahr 1804 eine geſunde Theorie von den Rammmaſchinen und von dem Akte des Rammens ſelbſt, um von der Wirkung des Klotzes einen richtigen Begriff zu geben. Daſſelbe thaten Gilly und Eytelwein. Unter andern fand man, daß da, wo Menſchen genug vorhanden ſind, die gemeine Ramme vortheilhafter anzuwenden iſt, als die Maſchinenramme.

§. 89.

Hebladen, womit man Laſten auf eine nicht bedeutende Höhe zu heben vermag, ſind alte Maſchinen, die man jetzt noch höchſt ſelten gebraucht. Im ſiebzehnten Jahrhundert wurden ſie unter andern von Beſſon und Schwenter beſchrieben. Die meiſten derſelben ſind ſo eingerichtet, daß ein ſtarker Hebel (ein Hebebaum), woran vorn die Laſt hängt, immer höher und höher kommt, indem durch Löcher einer aufgerichteten Säule, in welche man ſtarke Bolzen immer höher hinauf ſteckt, oder durch ſchräge Zähne der Säule, in welche beſondere Haken des Hebels einfallen, der Unterſtützungspunkt des Hebels von Strecke zu Strecke eine

größere Höhe erreicht. Selbſt Stubben von Bäumen ſammt den Wurzeln, ja ganze Bäume hat man mit ſolchen oder andern Hebladen aus der Erde zu reißen geſucht. Wirkſamer für dieſen Fall war freilich eine Schraube ohne Ende, oder ein gezahntes Räderwerk, oder ein mit Flaſchenzügen verbundenes Rad an der Welle u. dgl.

Leupold hat zu Anfange des achtzehnten Jahrhunderts mehrere Arten von Hebladen angegeben. Später kamen wieder andere von Auger, Montigny, Dalesne, Loriot, Gibſon, de Nieuport, Polhem, Sommer, Böſe, Victor ꝛc. zum Vorſchein. Die von Sommer, Polhem, Böſe und Victor wurden darunter am bekannteſten, haben aber doch den geprieſenen Nutzen nicht gewährt. So ging es auch mit derjenigen, beſonders zum Ausreißen von Bäumen beſtimmten des Dänen Rieffelſen, die er Kraftmaſchine nannte. Sie wurde erſt vor achtzehn Jahren bekannt; aber, weil ſie zu künſtlich war, bald wieder der Vergeſſenheit übergeben. Der Hebmaſchine des Schweden Birgirſon, die hauptſächlich zum Ausbrechen tief liegender Steine beſtimmt war, iſt es nicht beſſer ergangen.

§. 90.

Haſpel und Göpel (§. 7.) waren freilich weit bequemere und nutzbarere Maſchinen. Zwar findet ihr vornehmſter Gebrauch in Bergwerken ſtatt; aber auch zu andern Zwecken, z. B. in Häuſern zum Auffördern der Laſten (Kaufmannswaaren u. dgl.) werden ſie häufig angewendet. Ein beſonders nützlicher Gebrauch von den Laufradshaſpeln wird bei den Krahnen gemacht, welche man vornehmlich an ſchiffbaren Flüſſen und an Häfen gebraucht, um Waaren aus den

Schiffen und in die Schiffe zu laden. Die Laſt wird an einen Schnabel gebracht, wo man ihr mittelſt der Maſchine eine Bewegung in lothrechter und in horizontaler Richtung zu geben vermag.

Der Krahn iſt eine alte Maſchine, die im achtzehnten Jahrhundert Deſaguliers, Perrault, Leupold, Vaucanſon, Berthelot, Ferguſon, Nordenſkiöld, Braithwaite, Johnſon, Pinchbeck, Dixon, White, Kentiſh, Bunce, Millington, Padmore, Kier, Mocok, Hall u. a. verbeſſerten. Dieſe Verbeſſerungen bezogen ſich bei manchen Arten, wie z. B. bei denjenigen des Pinchbeck, Bunce, Dixon, und Kentiſh, hauptſächlich darauf, Unglücksfälle zu verhüten, welche bei Tretkrahnen oft dann ſtatt finden, wenn die Laſt einmal von dem Seile oder von der Kette abſpringt. Die Arbeiter werden dann in dem Tretrade herumgeſchleudert. Sperrräder, Bremsräder mit Bremskränzen, eigne Schutzräder u. dgl. waren die vornehmſten Mittel, ſolche Unglücksfälle zu verhüten. Aehnlicher Mittel bediente man ſich in der neuern Zeit auch bei Pferdegöpeln gegen Unglücksfälle, welche ſonſt ſowohl die Pferde, als auch die Treiber nicht ſelten erlitten. — Beſonders merkwürdig iſt endlich noch die Anwendung der Bramahſchen Preſſe (§. 86.) auf die Krahne, um damit ſehr ſchwere Hebel zu heben.

§. 91.

Seit den letzten fünfzig Jahren ſind die Pferdegöpel (§. 7.) eben ſo, wie alle übrige Maſchinen, ſehr verbeſſert worden. Vorher war der Pferdegöpel eine ziemlich ſchwerfällige Maſchine. Wie viel überflüſſiges Holzwerk hat man

in der neuern Zeit weggeſchaft! welche bedeutende Vortheile erhielt man durch höhere durchbrochene Scheiben, ſtatt der vormaligen kleinen Rollen! wie viel wirkſamer wurde die Maſchine durch beſſere Einrichtung der Zapfen und Zapfenlager, der Göpelkörbe u. dgl. Die in England erfundenen ſpiralförmigen Göpelkörbe, aus zwei an ihrer Baſis zuſammengeſetzten abgeſtutzten Kegeln mit ſpiralförmigen Gängen beſtehend, eine beſondere Anwendung der Taſchenuhr-Schnecke (§. 22.) im Großen, waren merkwürdig. Man wollte dadurch mehr Gleichförmigkeit für die bewegende Kraft erhalten, wenn der volle Köbel höher und höher heraufkommt; indeſſen war dieſer Vortheil doch nicht ſo groß, als man ſich anfangs einbildete.

Manche Arten von Feuer-Rettungsmaſchinen, zur Rettung von Menſchen aus den obern Stockwerken brennender Gebäude beſtimmt, hatten Aehnlichkeit mit dem Krahne (§. 90.). So ſehr man ſich in der neuern Zeit auch Mühe gab, ſolche Maſchinen einzuführen und bei vorkommenden Gelegenheiten zu gebrauchen, ſo wenig iſt es doch damit zu rechter Anwendung gekommen.

§. 92.

Die gemeine Waage (gleicharmige Waage, Krämerwaage) iſt eine ſehr alte Erfindung. Schon zu Abrahams Zeit kam ſie vor, und mehrere Male wird ihrer im alten Teſtament z. B. im Buch Moſis und Hiob gedacht. Auch die Schnellwaage oder römiſche Waage (ungleicharmige Waage) iſt ſchon alt. Dieſe Waage bedarf eines beſtimmten Gegengewichts, des Läufers, womit man Laſten von ſehr verſchiedener Schwere abwägen kann. Sie ſoll

eine Erfindung der Araber ſeyn und ihr Name römiſche Waage ſoll, nach Pocock und Wallis, von Romman herrühren, welches bei den Arabern ein Granatapfel iſt. Der Läufer nämlich ſoll bei ihnen dieſe Geſtalt gehabt haben.

In den neuern Zeiten iſt ſowohl die gemeine Waage, als die Schnellwaage durch eine beſſere bei ihr angewandte Mechanik, vornehmlich durch eine beſſere Aufhängungsart, genauer und empfindlicher gemacht worden. Man hat ihren Gebrauch immer mehr vervielfältigt, ſowohl zu ſehr ſchweren Laſten, als auch zu ſehr kleinen, wie ſchon die Namen ihrer verſchiedenen Sorten, z. B. Heuwaage, Garnwaage, Goldwaage ꝛc. anzeigen. Auch ganz beſondere Einrichtungen erhielten die Waagen der neuern Zeit nicht ſelten.

§. 93.

Leupold hatte zu Anfange des achtzehnten Jahrhunderts um die Verbeſſerungen der Waagen manche Verdienſte. Er beſchrieb auch in ſeinem ſtatiſchen Werke mehrere Arten derſelben. Leutmann, Euler, Schmidt und Gruber unterſuchten ihren Mechanismus, um dasjenige Verfahren aufzufinden, wodurch dieſe Maſchinen an Empfindlichkeit und Zuverläſſigkeit zunehmen möchten. Lamberti lieferte eine eigne Theorie der Schnellwaagen in den Schweizeriſchen Acten.

Eine ſogenannte Univerſalwaage hatte ſchon Leupold beſchrieben. Dieſe Waage ſollte hauptſächlich dazu dienen, verſchiedene Sätze aus der Lehre vom Hebel und vom Schwerpunkt zu prüfen, auch die Empfindlichkeit der Waagen ſelbſt zu unterſuchen, und die beſte Stelle für ihren Auf-

hängepunkt zu beſtimmen. Andere Arten von ſogenannten Probierwaagen, womit man die Fehler und Vollkommenheiten der fertigen Waagen unterſucht, kamen ſchon im fünfzehnten Jahrhundert vor. In Nürnberg wurden ſie damals und ſpäter von mehreren geſchickten Künſtlern gemacht. Solche Probirwaagen, die man zum ſubtilen Abwägen kleiner Metallſtücke in der Probirkunſt (eines bekannten Zweiges der Münzkunſt) anwendet, kamen ebenfalls ſchon frühzeitig in Nürnberg vor, wo man namentlich auch immer viele Goldwaagen machte.

§. 94.

De la Hire erfand zu Ende des ſiebzehnten Jahrhunderts eine beſondere Waage, deren einer Arm horizontal, der andere aber geneigt war. Merkwürdiger hatte man die noch früher von Roberval ans Licht gebrachte Waage gefunden. Dieſe Waage, eine Art von zuſammengeſetztem Hebel, legte Roberval den Mathematikern als ein mechaniſches Paradox vor, weil daran Kräfte, die einmal im Gleichgewicht waren, immer in dieſem Gleichgewicht bleiben ſollten, man mochte ſie auch in eine Entfernung vom Ruhepunkte bringen, in welche man wollte. Auch Caſſini und Deſaguliers erfanden beſondere Arten von Waagen. In der letzten Hälfte des achtzehnten Jahrhunderts zeichneten ſich unter andern die Waagen des Fontana, des Ludlam, des Ramsden, des Saladini, des Hahn, des Hauff, des Lüdike und des Trougthon aus. Außerordentlich empfindlich für die allerkleinſten Gewichte waren die Waagen der drei erſt genannten Männer. Die im Jahr 1787 von Saladini erfundene allgemeine Schnellwaage war ſinnreich; und

die Waage des Hahn zu Echterdingen im Würtembergiſchen war eine ſehr bequeme Hauswaage mit eingetheiltem Kreisbogen und Zeiger, wie es auch die ſpäter erfundene Waage des Dümont zu Straßburg war. Federwaagen mit Stahlfedern zum Zuſammenpreſſen der Laſt bis auf eine verhältnißmäßige Strecke waren ſchon zu Leupolds Zeit da; aber Hanin, Roſenthal und Praſſe verbeſſerten ſie in der letzten Hälfte des achtzehnten Jahrhunderts. Chauſſeewaagen mit beweglichen Brücken zum Wägen der Frachtwagen wurden vor etwa dreißig Jahren in England erfunden.

Manche andere Arten von Waagen, wie z. B. Blutwaage, Luftwaage, chineſiſche Waage ꝛc. waren allerdings Produkte des menſchlichen Scharfſinns, wenn auch ihr Gebrauch nur eingeſchränkt war. Für den Phyſiker war die hydroſtatiſche Waage, womit man Körper zur Erforſchung ihres ſpecifiſchen Gewichts im Waſſer ſehr genau einſenken und abwägen kann, beſonders wichtig. Galilei erfand dieſe Waage im Jahr 1586. Sie wurde in der Folge, hauptſächlich von den Engländern, bedeutend verbeſſert. In dieſer verbeſſerten Geſtalt beſchrieben ſie s'Graveſande, Leupold und Muſſchenbroek. Brander, Ramsden u. a. vervollkommneten ſie noch mehr, ſowohl was ihre Genauigkeit und Empfindlichkeit, als auch den Mechanismus zum Einſenken in Waſſer betraf.

§. 95.

Was die Theorie der Mechanik überhaupt betrift, ſo haben zwar ſchon Roger Baco, Guido Ubaldi, Tartaglia, Stevin, Schott, Boyle, Ghetaldi u. a. nicht wenig darin geleiſtet. Aber viel mehr geſchah doch

durch die Bemühungen des Galilei, Torricelli, Borelli, Baliani, Roberval, Descartes, Merſenne u. a. Vorzüglich berühmt in der Mechanik machten ſich kurz vor Einbruch des achtzehnten Jahrhunderts Wallis, Wrenn, Mariotte, Newton, Leibnitz, Huyghens, Varignon, de la Hire, Rohault, Amontons, Parent, Guglielmini, und im achtzehnten Jahrhundert Taylor, Leonhard Euler und deſſen Sohn Albert Euler, Hermann, Johann, Jacob und Daniel Bernoulli, d'Alembert, Camus, Maclaurin, de l'Hopital, Karſten, Käſtner, Boſſut, de la Grange, Krafft, Fuß, Mönnich, Langsdorf u. a. Dir Erfindung der Differential- und Integralrechnung hatte auf die weitern Fortſchritte der theoretiſchen Mechanik ſehr vielen Einfluß. Es entſtand nun die ſogenannte höhere Mechanik.

§. 96.

Die Alten hatten von der Theorie der Bewegung nur ganz einfache und leichte Kenntniſſe. Sie wußten z. B. wohl, daß die Geſchwindigkeit eines Körpers deſto größer iſt, einen je größern Raum er in einerley Zeit oder in je kürzerer Zeit er einen gewiſſen Raum zurücklegt, daß die von zwei Körpern gleichförmig durchlaufenen Räume wie die Produkte der Zeiten mit den Geſchwindigkeiten ſich verhalten u. dgl.; aber von der veränderlichen Bewegung, von den Geſetzen der Mittheilung der Bewegung und überhaupt von den wichtigſten Lehren der Mechanik hatten ſie ſehr unzureichende Kenntniſſe. Erſt den neuern Mathematikern, vornehmlich des ſiebzehnten und achtzehnten Jahrhunderts, war

es vorbehalten, in der eigentlichen Theorie der Bewegung große Fortſchritte zu thun. Dadurch kam auch der praktiſche Theil der Mechanik nach und nach mit auf eine Höhe, die er ſonſt ſchwerlich erreicht haben würde.

§. 97.

Unter den Neuern war Guido Ubaldi in der letzten Hälfte des ſechszehnten Jahrhunderts der erſte, welcher die Mechanik der Alten mit einigen Sätzen bereicherte. Aber mehr hierin that nach ihm Stevin gegen Ende deſſelben Jahrhunderts. Er endeckte zuerſt das wahre Verhältniß der Kräfte bei der ſchiefen Ebene, beſonders den berühmten etwa hundert Jahre nachher von Varignon erweiterten Satz, daß, wenn in einem Dreiecke die drei Seiten den Richtungen des Gewichts und beider das Gleichgewicht bewirkenden Kräften gleich ſind, dieſe drei Seiten ſich wie die Kräfte erhalten.

Ohngefähr um dieſelbe Zeit berichtigte und erweiterte Galilei noch, ſowohl die Lehre vom Gleichgewicht, als auch die von der Bewegung. Dieſer hochberühmte Mann, 1564 zu Piſa geboren und 1642 zu Florenz geſtorben, als Mechaniker, Optiker und Aſtronom gleich berühmt, entdeckte unter andern das Geſetz der beſchleunigten Bewegung bei dem Fall der Körper; er entdeckte auch, daß der Weg ſchief geworfener Körper ein Parabel ſey, den Widerſtand der Luft bei Seite geſetzt. Er ſtellte (an Lampen, die in Kirchen aufgehängt waren) die erſten Unterſuchungen über Pendel=Schwingungen an, in welche Huyghens in der Folge noch tiefer einging. Namentlich fand Galilei ſchon das Verhältniß der Dauer der Schwin=

gungen bei der Verlängerung oder Verkürzung eines Pendels. Er prüfte ferner mathematiſch den Widerſtand feſter Körper, wenn ſie zerbrochen werden. So gründete er die Lehre von der Stärke feſter Körper, die in der Folge von Mariotte, Varignon, Marchetti, Muſſchenbroek und andern (§. 113.) berichtigt und bereichert wurde. Galilei's im Jahr 1634 erſchienener Traktat von der Mechanik, ſo wie ſeine 1636 erſchienenen Geſpräche über die beiden neuen Wiſſenſchaften der Mechanik und der Lokal-Bewegungen wurden von Sachkennern mit Begierde geleſen.

§. 98.

Baliani wollte ums Jahr 1638 die Hypotheſe aufſtellen, die Geſchwindigkeiten fallender Körper verhielten ſich wie die beſchriebenen Räume, und dadurch Galilei's Theorie umſtoßen, daß ſich dieſe Geſchwindigkeiten wie die Quadratwurzeln aus den Räumen verhielten; und der Pater Caſree in ſeiner Unwiſſenheit wollte ihn vertheidigen. Beide wurden aber bald von Gaſſendi, von Fermat u. a. zu Paaren getrieben. Riccioli und Grimaldi, ſowie noch ſpäter Deſaguliers ſuchten die Theorie des Galilei durch Verſuche zu beſtätigen. Das hielt damals ſehr ſchwer, mit Ausnahme ſolcher Experimente, die man zu demſelben Zweck mit Pendeln anſtellte. In der neuern Zeit konnte man dieſelben Verſuche mit der Fallmaſchine des Engländers Atwood leichter machen.

Torricelli, ein ſehr würdiger Schüler des Galilei, hatte die Mathematik vornehmlich zu Rom beim Caſtelli ſtudirt. Als er Galilei's Schriften von der Bewegung in die Hände bekam, ſchrieb er auch ein Werk über denſelben

Gegenſtand, welches er dem Galilei ſchickte. Dieſem gefiel es ſowohl, daß er recht ſehr wünſchte, Torricelli möchte bei ihm ſeyn. Aber ſchon nach drei Monaten ſtarb der große Lehrer. Torricelli vermehrte ſein Werk noch, und gab es dann im Jahr 1644 heraus. Es enthielt mehrere ſehr wichtige Entdeckungen über Gleichgewicht, Fall, Wurf u. ſ. w.

§. 99.

Franzöſiſche Mathematiker, wie Merſenne, Fermat und Descartes erweiterten die mechaniſchen Wiſſenſchaften ſehr. Die Kenntniſſe des Merſenne waren hauptſächlich auf Verſuche und Beobachtungen gegründet. Dadurch ſchuf er manche Theorien, die mit Beifall aufgenommen wurden. Ueber ſeine Theorien vom Mittelpunkte des Schwunges geriethen Descartes und Roberval in einen Streit, ohne daß weder der eine, noch der andere von ihnen Recht gehabt hätte. Descartes lehrte die Geſetze der Bewegung deutlicher, als es bisher geſchehen war, obgleich Galilei ſie ſchon gekannt hatte.

Aber auch den engliſchen Mathematikern, wie Wallis, Wrenn und Newton verdankt die Mathematik ungemein viel. Den Widerſtand der Mittel, z. B. der Luft, hatten Galilei und Torricelli in ihren Unterſuchungen bei Seite geſetzt, obgleich ſie die daraus entſtehenden Aenderungen einſahen. Daher konnte auch Galilei's Geſetz von den geworfenen Körpern nicht ganz mit der Natur übereinſtimmen. Andeutungen von ſolchen Aenderungen in widerſtehenden Mittel gaben bald manche berühmte Männer; aber erſt Wallis und Newton ſtellten darüber die erſten gründ-

lichen Unterſuchungen an; ſowie nachher Huyghens, Leibnitz und Varignon, und noch einige Jahre ſpäter Johann Bernoulli, Nicolaus Bernoulli u. Taylor.

Beſonders viel verdankt die Mechanik dem berühmten Niederländer Huyghens. Unter ſeinen vielen mechaniſchen Erfindungen und Entdeckungen ſichert ihn ſchon allein diejenige der Pendel-Uhren die Unſterblichkeit. Auf jedem Fall gehört er unter die größten Männer, die je gelebt haben. Seine Verdienſte in der Mechanik allein ſind denen des Galilei und denen des Newton gleich zu ſetzen.

§. 100.

Varignon, de la Hire und Camûs machten theils manche neue Erfindungen in der Mechanik, theils brachten ſie mehr Klarheit in einzelne Theile dieſer Wiſſenſchaft. Auf jedem Fall gehören ſie zu den verdienſtvollſten Mechanikern der damaligen Zeit. Die Schriften (Memoires) der Pariſer Akademie ſind voll von lehrreichen Abhandlungen des Varignon über das Gleichgewicht und über die auf verſchiedene Art hervorgebrachten Bewegungen. So brachte er die Statik auf Stevins Grundſatz vom Gleichgewicht dreier Kräfte zurück und zeigte zuerſt den Gebrauch von der zuſammengeſetzten Bewegung in Rückſicht auf das Gleichgewicht der Maſchinen.

So beſchäftigte ihm ferner die Lehre vom Fall der Körper, die Theorie des Hebels u. dgl. Auch an de la Hire hatte die Theorie des Hebels einen glücklichen Bearbeiter, ſowie die Theorie der Rolle, der ſchiefen Ebene, des Keils und der Schraube. Seine Unterſuchungen über die beſte Figur der Zähne der Räder (§. 29.)

gereichten ihm gleichfalls zu großer Ehre. Camús brachte durch ein im Jahr 1751 geſchriebenes ſehr ſchätzbares Werk viele Genauigkeit und Deutlichkeit in verſchiedenen mechaniſchen Lehren. Er übertraf hierin das von Hermann im Jahr 1716 erſchienene Werk.

§. 101.

Durch die Rechnung des Unendlichen ſuchte man bald die Theorie der veränderlichen Bewegungen auf einen feſtern Grund zu bauen. Schon Galilei hatte im Jahr 1602 durch ſeine Geſetze des Falls ſchöne Kenntniſſe von der gleichförmig beſchleunigten geradlinichten Bewegung gegeben. Huyghens hatte durch ſeine Betrachtungen über die krummlinichte Bewegung eine Theorie der Centralkräfte im Kreiſe gegründet. Die von Descartes entworfenen Geſetze über die Mittheilung der Bewegungen waren von Wallis, Huyghens und Wrenn weiter gebracht worden, und durch Huyghens Auflöſung des berühmten Problems vom Mittelpunkte des Schwunges war in der Mechanik ein auffallender Schritt weiter geſchehen. Leonhard Euler ſtellte in ſeiner 1736 erſchienen Mechanik, mit Hülfe der höhern Analyſis, die feinſten mechaniſchen Unterſuchungen auf; Maclaurin bereicherte dieſelben bald nachher mit neuen ſcharfſinnigen Bemerkungen.

Euler, welcher, wie vor ihm Mariotte, ſo viel Klarheit in die Lehre von der Bewegung gebracht hatte, unterſuchte unter andern auch genau die freie Bewegung mehrerer an einem Faden aufgehängter Körper, wenn ſie über eine horizontale Ebene geführt werden; und ſo legte er den Grund zu manchen darauf hinzielenden neuen Entdeckungen.

Demſelben berühmten Manne verdanken wir ſehr ſchöne Unterſuchungen über die Bewegung um Achſen, nachdem ſein Sohn Albert Euler ihm hierin zuvor gekommen war. Nicolaus Fuß ſetzte dieſe Unterſuchungen auf eine rühmliche Art fort.

§. 102.

De la Hire, Saulmon und de Molieres beſchäftigten ſich viel mit dem Stoß der Körper; ſie ſuchten die Theorie dieſer Lehre in's Reine zu bringen. In den Pariſer Memoiren findet man ihre Bemühungen beſchrieben. In der Mitte des achtzehnten Jahrhunderts haben, ausgeſtattet mit noch reifern Kenntniſſen, die Bernoulli's, Euler, Klingenſtierna u. a. dieſelbe Lehre noch ſorgfältiger und heller zu beleuchten geſucht. In den Berliner Memoiren, in den Petersburger Commentarien und in den Acten der ſchwediſchen literariſchen Societät ſind die Reſultate ihrer Bemühungen der Nachwelt überliefert worden.

Von dem Drucke eines Körpers auf Unterſtützungen handelten Delanges, Malfatti, Fontana, Lorgna und Paoli in den italieniſchen Memoiren und in den Memoiren von Verona, auch der Schwede Sidberg in den neuern ſchwediſchen Abhandlungen, und Euler in den neuen Petersburger Commentarien. Ueber den Druck der Gewichte bei allerley Maſchinen ſtellten Hee, Käſtner u. a. gleichfalls Unterſuchungen an.

§. 103.

Als Huyghens ſeine Auflöſung des Problems von dem Mittelpunkte des Schwunges bekannt gemacht hatte, fand er manche unberufene Tadler, die ihn um's Jahr 1681 in Jour-

nalen (z. B. in dem Journal des Savans) angriffen. Jacob Bernoulli vertheidigte ihn bald und machte durch ſeine gründlichen und klaren Widerlegungen jene Tadler verſtummen. De l'Hopital unterſtützte den Bernoulli noch mit andern Gründen; und ſo blieb Huyghens auf der von ihm erreichten wiſſenſchaftlichen Höhe ſtehen. Im Jahr 1714 ſuchten Johann Bernoulli und Taylor daſſelbe Problem feſter zu begründen; noch mehr that im Jahr 1743 d'Alembert dafür.

Ueber die Schwingungen des Pendels ſtellten insbeſondere Hermann, Wallerius, Euler, Jacob und Johann Bernoulli, Krafft und Fuß viele tiefſinnige Unterſuchungen an, wovon mehrere Aufſätze in den Petersburger Commentarien die Beweiſe liefern. Clairaut, Büfſon und Courtivron handelten eben davon in den Pariſer Memoiren um die Mitte des achtzehnten Jahrhunderts. Die Huyghens'ſche Anwendung des Pendels zum Regulator großer Uhren (§. 23.) hatte die Gelehrten der damaligen und nachfolgenden Zeit beſonders aufmerkſam auf dieſen Gegenſtand gemacht.

§. 104.

Newton hatte zuerſt auf eine ganz allgemeine Art die Geſetze der krummlinichten Bewegung gezeigt und zuerſt eine vollſtändige Theorie der Bewegung in widerſtehenden Mitteln (§. 99.) entworfen. Er war ja auch der erſte geweſen, welcher die höhere Mechanik von der gemeinen unterſchied. Ueberhaupt hat man, außer Newton, dem Leibnitz, Maclaurin, Hermann, Jacob und Johann Bernoulli, de l'Hopital, Saurin, d'Alem-

bert, Euler, Käſtner, Karſten, de la Grange und Langsdorf im achtzehnten Jahrhundert das meiſte um die Veredlung der höhern Mechanik zu verdanken.

Daß Hermann zuerſt die damaligen mechaniſchen Erfindungen durch Hülfe der Differential- und Integralrechnung unterſucht hat, ſieht man aus ſeinem mechaniſchen Lehrbuche, (Phoronomia), und daß d'Alembert die Gründe, worauf das Gebäude der höheren Mechanik ruht, einer ſorgfältigen Prüfung unterwarf, leuchtet aus deſſen Dynamik hervor. Karſten und Langsdorf wandten dieſelbe Wiſſenſchaft auf nützliche Gegenſtände, beſonders auf das Maſchinenweſen an; Käſtner aber war im Jahr 1766 der erſte Deutſche, der in ſeiner Mutterſprache ein Buch (die Anfangsgründe der höhern Mechanik) ſchrieb, woraus man gründlich und ziemlich vollſtändig die Lehren der höhern Mechanik, auch auf Naturkunde und Maſchinenweſen angewandt, kennen lernen konnte.

§. 105.

Die Italiener haben ſich von jeher in der Mechanik, in der neuern Zeit auch in der höhern Mechanik, ausgezeichnet. So löſte noch vor wenigen Jahren Bordoni ſehr gut eine von Binet und Poiſſon weniger glücklich behandelte Aufgabe, nämlich: im Stande des Gleichgewichts einer doppelten, ſpröden oder elaſtiſchen Curve, die unendlichen Gleichungen zu beſtimmen, welche zwiſchen den Coordinaten der Curve, den äußern angewandten Kräften und dem Widerſtande beſtehen, den ihre Theile jenen Kräften entgegenſetzen. Statt der analytiſchen Funktionen, wozu Lagrange den Weg eröffnet hatte, wandte Bordoni hierbei Leibnitzens Lehre vom Unendlich-Kleinen an.

Das Mailändiſche Inſtitut hatte das Problem aufgegeben, die Grundſätze von Lagrange's analytiſcher Mechanik auf die vornehmſten mechaniſchen (und hydrauliſchen) Aufgaben anzuwenden. Gabriola Piola löſte dieſes Problem glücklich. Majorhi und Borgnis lieferten ſehr belehrende mechaniſche Werke, beſonders der letztere, welcher während eines langen Aufenthalts zu Paris ſich mit den Maſchinen Frankreichs bekannt machte.

§. 106.

Wenn auch de la Hire, Varignon und Käſtner die Theorie des Hebels ſchon gut auseinander geſetzt hatten (§. 100.), ſo ſuchten doch andere, wie Dätzl, Aepinus und Pasquich, es noch beſſer zu machen. So war es auch mit der Theorie der Rolle, der ſchiefen Ebene, des Keils und der Schraube, die man ſpäter noch immer mehr zu beleuchten ſuchte. Der däniſche Mathematiker Bugge bearbeitete insbeſondere die Theorie der beweglichen Rolle, Deſaguliers, Bärmann, Nicholſon und Langsdorf diejenige des Keils; Käſtner diejenige der Schraube. Camus, Mönnich, Klügel, Gilly, Lempe, Büſch, Langsdorf u. a. bearbeiteten vorzüglich das Praktiſche jener einfachen Maſchinen.

Die Theorie der Kurbeln oder Krummzapfen, die ſich eigentlich auf die Theorie des Hebels gründete, berichtigte vornehmlich de la Hire, Lambert, Käſtner, Brodreich, und ganz neuerlich Reinſcher und Arzberger in Wien. Joſeph von Baader verbeſſerte die Kurbeln ſehr und lehrte ihre Verbindung mit Kunſträdern auf eine ausgezeichnete Weiſe. Derſelbe ſehr geſchickte Mann zeigte, daß

Kurbelſcheiben eigentlich, wenigſtens in vielen Fällen, bequemer anzuwenden ſind, als Kurbeln. Langsdorf bearbeitete in den letzten Jahren des achtzehnten Jahrhunderts die Theorie der Schwungräder, welche zu den ſchwierigſten der ganzen Mechanik gehört.

§. 107.

Bei ſolchen Maſchinen, wo Seile um Wellen, Scheiben oder Rollen ſich krümmen, hat die bewegende Kraft auch den Widerſtand zu überwältigen, welcher von der Straffheit, Steifigkeit oder Unbiegſamkeit der Seile entſteht. Natürlich muß die zum Biegen eines Seiles um jene runden Körper erforderliche Kraft deſto ſtärker ſeyn, je mehr das Seil bei ſeiner Verfertigung zuſammengedreht worden iſt, je dicker es iſt, je ſtärker es von einer Laſt geſpannt wird, und je kleiner der Durchmeſſer des Cylinders (der Welle, Scheibe, Rolle ꝛc.) iſt, um welchen es gekrümmt wird.

Erſt zu Ende des ſiebzehnten Jahrhunderts iſt dieſer Gegenſtand der Mechanik zur Sprache gekommen, vornehmlich durch den Franzoſen Amontons. Vor der Mitte des achtzehnten Jahrhunderts haben Deſaguliers und Muſchenbroek ihn noch mehr beleuchtet und berichtigt, ſowie in der letzten Hälfte deſſelben Jahrhunderts van Schwinden, Franceſchini, Metternich und Coulomb. Unter andern fand man auch, daß geflochtene Seile zum Krümmen weniger Kraft gebrauchen, als gedrehte; gewebte Seile (§. 113.) noch weniger.

§. 108.

Ein noch viel wichtigeres Hinderniß für die bewegende Kraft, welches bei allen Maſchinen vorkommt, iſt die Rei-

bung oder Friktion. Wenn ein Körper ſich auf oder an einem Körper hinbewegt, ſo fügen ſich die Rauhheiten dieſer Körper in einander; die Erhabenheiten des einen Körpers ſinken in die Vertiefungen des andern ein; es gehört daher immer ein beſtimmter Theil der bewegenden Kraft dazu, jene Rauhheiten aus einander herauszubringen; und dieſer Theil der Kraft iſt es eben, welcher den Widerſtand der Reibung oder Friktion überwältigen muß. Wie groß dieſer Theil der Kraft iſt, das kommt freilich auf die Art der Materie des Körpers an, auf Härte, Poroſität, Glätte, aber auch auf die Stärke des Drucks, womit ein Körper auf oder an einem andern liegt.

Bei Maſchinen, die aus Räderwerken beſtehen, hat die bewegende Kraft hauptſächlich die Friktion der auf und an einander hin beweglichen Theile zu überwinden, namentlich die Friktion der Zapfen in ihren Lagern, und der Räder und Getriebe bei ihrem Eingriff. Eben ſo iſt bei manchen andern Maſchinen, die kein Räderwerk enthalten, die Reibung der Zapfen in Lagern der vornehmſte Widerſtand, welcher von der bewegenden Kraft überwältigt werden muß, z. B. bei Stangenkünſten, die etwa ein Waſſerrad zum Hin- und Herſchwingen bringt.

§. 109.

Natürlich war es ſehr wichtig, unter allen vorkommenden Umſtänden die Größe der Reibung zu kennen, um die Stärke der bewegenden Kraft darnach einrichten zu können; ſehr wichtig war es aber auch, die Mittel in Erfahrung zu bringen, durch welche man die Reibung, zum Vortheil der bewegenden Kraft, möglichſt zu vermindern im Stande war.

Hierzu gehörten Verſuche, die wirklich mehrere verdienſtvolle Männer anſtellten.

Ohnſtreitig war Amontons der erſte, welcher am Ende des ſiebzehnten Jahrhunderts Experimente machte, um die Stärke der Reibung bei verſchiedenen Körpern zu erforſchen, die ſich auf oder an einander heraus bewegten. Er fand, daß die Friktion $\frac{1}{3}$ der Laſt oder des Gewichts des Körpers betrug, wenn eine gewiſſe Holzart auf derſelben Holzart, eine gewiſſe Metallart auf derſelben Metallart hingeſchoben oder hingezogen wurde. Leupold wiederholte dieſe Verſuche und gelangte zu denſelben Reſultaten. Auch Belidor brachte dieſelben Reſultate zum Vorſchein, obgleich Parent $\frac{7}{20}$ und Bilfinger $\frac{1}{4}$ des Drucks herausbrachten. Aber ſchon eine geringe Veränderung in der Glätte kounte eine merkliche Veränderung hervorbringen.

§. 110.

Außer den (§. 109.) genannten Männern hatten auch de la Hire, Leibnitz, Sturm, Deſaguliers, Muſſchenbroek, Nollet, von Segner, Euler, Camüs, Boſſüt, Ximenes, Karſten, Mönnich, Käſtner, Zallinger, d'Antoni, Coulomb, de Bellon, Girard, Langsdorf, Vince u. a. Unterſuchungen über die Stärke der Reibung, wie ſie unter mancherley Verhältniſſen ſtatt finden mußte, angeſtellt. Amontons Verſuche behielten immer vielen Werth, obgleich diejenigen des Muſſchenbroek, des Ximenes, des Coulomb nnd des Vince allerdings mehr Licht über dieſe Lehre verbreiteten. Beſonders waren die Experimente des Cou-

lomb mit vielem Scharfſinn und mit vieler Umſicht angeſtellt worden, und durch ſeine Schrift, welche die Reſultate dieſer Verſuche enthielt, errang er mit Recht im Jahr 1781 von der königlichen Geſellſchaft der Wiſſenſchaften zu Paris einen Preis von 2000 Livres. Zwar hatte ſchon Muſſchenbroek um die Mitte des achtzehnten Jahrhunderts einen Friktionsmeſſer (ein Tribometer) erfunden. Derjenige des Coulomb aber war vollkommener, und erlaubte eine große Mannigfaltigkeit von Verſuchen, wobei man jedesmal nur eine kleine Veränderung mit ihm vornahm. Er beſtand aus einem Schlitten, deſſen Schenkel man ſehr leicht verändern, bald aus dieſer, bald aus jener Holz- und Metallart anſetzen konnte, und aus Gleiſen oder Schienen, ebenfalls von dieſer oder jener Holz- und Metallart, ſowie auch von verſchiedener Glätte, geſchmiert und ungeſchmiert. So konnte man den Schlitten, mit mancherley daran geſetzten Schenkeln, durch Gewichte bald auf dieſer, bald auf jener Gleiſe in Bewegung ſetzen laſſen, und eben mittelſt der Gewichte, die man durch eine Schnur mit dem Schlitten verband, konnte man die Stärke der Reibung bei irgend einem Druck des Schlittens beſtimmen. Ein ganz allgemeines Geſetz für die Reibung konnte freilich auch Coulomb nicht angeben, weil die Structur der Theilchen von gleichartigen Materien nicht immer ganz einerley iſt, und weil durch die Verſuche ſelbſt Abänderungen in der Glätte ꝛc. ſtatt finden. Denn bei fortgeſetzter Bewegung wird die Friktion immer mehr verringert, wenn die aufeinander hin ſich bewegenden Flächen keine beſondere Glätte hatten; vermehrt aber, wenn ſie anfänglich eine gute Politur beſaßen. In jenem

Falle nämlich werden die rauhen Flächen glatter; in dieſem verlieren die ſehr glatten Flächen von ihrer Politur.

§. 111.

Eine beſondere Schwierigkeit machte immer die genaue Beſtimmung der Friktion an den Zapfen der Räder oder Rad-Wellen, und vorzüglich die Vergleichung der Kraft und Laſt bei Zahn und Getriebe. Ueber die Reibung an den Zapfen gab uns Euler ſchon im Jahr 1748 genaue Formeln, die aber für die Ausübung nicht brauchbar waren. Die Unterſuchungen des Smeaton im Jahr 1759 und des Coulomb im Jahr 1781 darüber hatten einen viel größern Nutzen. Zur Verminderung des Reibens an den Zähnen hatte die Abründung der Kammräder nach der Cycloide, der Stirnräder nach der Epicycloide (Abthl. I. §. 85 f.) auf die Verringerung der Friktion den wohlthätigſten Einfluß. Die Unterſuchungen des de la Hire, Camüs, Euler, Käſtner und Gerſtner über dieſen Zweig der Mechanik gehören zu den nützlichſten, die in dieſer Wiſſenſchaft je angeſtellt worden ſind, ſowie die von Berthoud, Uhlhorn und Meißner den Praktikern gegebenen Vorſchriften darüber bald die auffallendſten Belege darboten, wie viel kleine und große Maſchinen durch eine ſolche Einrichtung gewonnen hatten.

Bei Maſchinen, die zur Bewegung Seile und Ketten enthielten, zogen Baillet de Belloy und Girard hauptſächlich auch das Gewicht der Seile und Ketten mit in Betrachtung, um dieſe Theile ſo einzurichten, daß ſie die möglich geringſte Friktion bewirkten.

§. 112.

Eine merkwürdige und ſchöne Erfindung zur Verminde-

rung des Reibens bei Maſchinen war diejenige der Friktionsrollen, Friktionsſcheiben oder Friktionsräder. Kleine, um ihren Mittelpunkt ganz leicht bewegliche Scheiben oder Rollen wurden zu zwei oder zu drei ſo neben einander gelegt, daß der Zapfen einer Welle zwiſchen ihnen auf ihrer Peripherie liegen und ſich umdrehen konnte. Da mußte denn wohl die Reibung deſſelben äußerſt geringe ſeyn; denn der Zapfen berührte nun ſein Lager blos in ein Paar Punkten, und wenn auch einige Hinderniſſe (Rauhheiten) auf der Peripherie ſich ihm entgegenſtemmten, ſo drehten ſich ja die Scheiben oder Rollen ſelbſt wieder ganz leicht um ihren Mittelpunkt. Legte man nun gar auch die Zapfen der Friktionsſcheiben wieder auf die Peripherien anderer ſolcher Scheiben, ſo konnte die Friktion bald auf Null gebracht werden.

Heinrich Sully ſcheint dieſe Friktionsſcheiben in den erſten Jahren des vorigen Jahrhunderts erfunden zu haben, und zwar zum Gebrauch ſehr genauer Uhren, wie die aſtronomiſchen und geographiſchen (§. 31.) ſind. Die berühmteſten Uhrmacher des achtzehnten Jahrhunderts, wie Harriſon, Ferdinand und Louis Berthoud, le Roy, Graham, Mudge, Arnold, Kendal ꝛc. wandten ſie bei ihren Chronometern an. Der Engländer Fitzgerald bediente ſich ihrer bei größern Maſchinen, z. B. bei Fuhrwerken, bei Haſpeln, Göpeln ꝛc. Doch wurde man bald gewahr, daß ſie ſich für größere Maſchinen weniger eigneten, als für kleinere, wo der Druck der Zapfen auf die Peripherien nicht ſo groß iſt. — Daß übrigens die Friktion, welche man bei den Maſchinen in den meiſten Fällen gern ſo geringe als möglich macht, in einzelnen Fällen wieder ſehr nützlich ſeyn kann, z. B.

bei Schrauben zum Feſthalten mancher Sachen, oder zu einer ſichern Stellung derſelben, bei Seilen, die über Scheiben und Rollen gezogen werden u. dgl. wußte man in frühern Zeiten ſchon.

§. 113.

Die Lehre von der Stärke oder Feſtigkeit der zu Maſchinen erforderlichen Materialien, namentlich des Holzes, des Eiſens und der Seile wurde erſt im achtzehnten Jahrhundert mehr in's Reine gebracht, nachdem man vorher nur im Finſtern darüber getappt hatte. Büffon, Muſſchenbroek und du Hamel verbreiteten darüber durch angeſtellte Verſuche zuerſt ein ziemlich helles Licht. Krafft, von Sickingen, Camus de Mezieres, Achard, Huth, Entelwein, Telford, Poplar, Barlow, Rennie, Brown, Tredgold, Dunlop, u. a. durch noch ſorgfältigere Verſuche geleitet, bereicherten dieſelbe Lehre zum Theil mit ſehr guten, zum Theil auch mit ganz vortrefflichen Anſichten. Wußte man, wie viele Laſt irgend ein Körper, z. B. ein Balken, eine Welle u. dgl. ohne zu zerbrechen ertragen konnte, ſo brauchte man dieſe Theile nicht auf das Ungewiſſe überflüſſig ſtark zu machen. Allerdings in mehrerer Hinſicht ein großer Gewinn für das Maſchinenweſen (und für die Baukunſt)!

Ueber die Stärke der Seile insbeſondere hatten de la Hire, du Hamel, Muſſchenbroek, Erichſon, Philanderſhiöld, Schröder, Tredgold u. a. ſehr merkwürdige Verſuche angeſtellt. Dieſe Männer fanden unter andern, daß gedrehte Seile weniger Stärke beſitzen, als die aus demſelben Material verfertigten ungedrehten, nämlich die ge=

flochtenen, und zwar um ſo weniger, je mehr ſie zuſammen gedreht worden ſind, daß die im Jahr 1798 vom Engländer Curr vorgeſchlagenen flachen Seile, und die ſchlauchförmig gewebten (§. 107.), wie ſie ehedem zu Calw im Würtembergiſchen gemacht und von Rappold beſchrieben wurden, noch bedeutend ſtärker ſind, daß getheerte Seile weniger Stärke beſitzen, als ungetheerte u. ſ. w. Durch dieſe Erfahrungen geleitet, konnte man zu einerley Gebrauch viel dünnere und leichtere (folglich zugleich weniger ſtraffe und weniger ſchwere) Seile anwenden, wenn man, ſtatt der auf gewöhnliche Seilerart gedrehten, geflochtene oder gewebte nahm.

§. 114.

Zur Bewegung gar vieler Maſchinen wird die Kraft der Menſchen oder der Thiere angewendet. Die Menſchen müſſen dann Kurbeln drehen, oder Schwengel ziehen, oder Räder treten; die Thiere müſſen mittelſt eines langen Hebels einen vertikalen Wellbaum umdrehen, oder an einer Deichſel, an einem Seile ꝛc. etwas fortziehen, oder auch ein Rad treten, und dadurch die Maſchine in Bewegung bringen. Dieſe Kräfte waren, um ſie richtig beurtheilen und anwenden zu können, vornehmlich ſeit dem Ende des ſiebzehnten Jahrhunderts ein Gegenſtand der Unterſuchungen mehrerer Mathematiker und Phyſiker. De la Hire ſcheint ums Jahr 1699 der erſte geweſen zu ſeyn, welcher ſich ernſtlich mit dieſen Forſchungen beſchäftigte. Ihm folgten darin nach einigen Jahren Parent, Camus und de Mairan. Camus ſchrieb im Jahr 1724 ein eignes Werk über die bewegenden Kräfte. Durch Deparcieux, Euler, de Voltaire, Bilfinger, Deſaguliers, Belidor, beſonders aber durch le

Sauveur, Lambert, Smeaton und Borelli kam noch mehr Licht in dieſelbe wichtige Lehre. Auch dem Prony, Hamilton, Hennert, Schulze, Norberg, Regnier, Robiſon, Coulomb, Barthez und Buchanan verdanken wir viele Berichtigungen darüber. So zeigte le Sauveur, daß ein Menſch 25 Pfund in einer Stunde, ohne zu ermüden, 6000 Pariſer Fuß weit würde fortziehen können, daß aber ein Pferd 173 Pfund in einer Stunde 10800 Fuß weit fortzuziehen im Stande wäre. So fand Schulze in Berlin, daß die Wirkung eines Pferdes diejenige eines Menſchen 14 mal überträfe. Und ſo fanden mehrere der genannten Männer, daß die Geſchwindigkeit eines Menſchen in einer Sekunde = 6, eines Pferdes = 12, eines Ochſen = 5, eines Eſels = 6, eines Maulthiers = 9 zu ſetzen iſt.

§. 115.

Neue Arten, die Kraft der Menſchen und Thiere bei gewiſſen Maſchinen (z. B. zum Treten und Ziehen) zu appliciren, erfanden im Jahr 1737 Briandfrerré und erſt neulich Hachette in Paris; im Jahr 1789 von Baader in München; im Jahr 1795 Eckhard in London. Zu Ende des achtzehnten Jahrhunderts machte auch der Engländer Buchanan ſehr lehrreiche Verſuche, um die mechaniſche Kraft des Menſchen in verſchiedenen Stellungen zu erforſchen, z. B. beim Rudern, Pumpen, Glockenläuten, Kurbeldrehen ꝛc. Der Franzoſe Barthez handelte im Jahr 1798 in einem vortrefflichen, im Jahr 1800 auch in's Deutſche überſetzten Werke die Bewegung der Menſchen und Thiere auf eine gemein verſtändliche und lehrreiche Art ab, und gab dadurch vielen Stoff zu noch weiterem Nachdenken.

Selbſt die Kräfte der elaſtiſchen Federn entgingen nicht der Aufmerkſamkeit der Mechaniker des achtzehnten Jahrhunderts, z. B eines Camus, de la Grange, Deschamps, Lexell, Manfredi ꝛc. Dieſe nützlichen Kräfte, welche man bei Uhren und andern wichtigen Maſchinen, auch bei Thür= und Flintenſchlöſſern ꝛc. zum Ziehen, Drücken, u. dgl. anwendet, hatte man in früherer Zeit keiner beſondern Unterſuchung gewürdigt.

§. 116.

Wie außerordentlich weit es überhaupt die praktiſche Mechanik ſeit den letzten fünfzig Jahren gebracht hat, zeigen ja insbeſondere die vielen zu ſo mancherlei Zwecken neu erfundenen und verbeſſerten Maſchinen, woran ſich oft die feinſte Mechanik offenbart. Auch die neueſten Schriften über die praktiſche Mechanik haben daher vor den ältern ſehr auffallende Vorzüge. Die alten ſogenannten Schauplätze der Maſchinen, z. B. diejenigen des Beſſon, des Zeiſing, des Böckler, des Ramelli u. a. ſtifteten in jenen Zeiten allerdings manchen praktiſchen Nutzen.

So enthielt Beſſons Schauplatz vom Jahr 1578 wirklich ſchon recht ſinnreiche künſtliche Maſchinen, z. B. Sägemaſchinen, Stampfmaſchinen, Preſſen, Hebzeuge, Waſſerſchöpfmaſchinen, Feuerſpritzen ꝛc. Porta beſchrieb im Jahr 1579, Cardan 1570 und 1582, Fludd 1618 manche künſtliche, oft ſeltſame Maſchinen. Ubaldi's Mechanik vom Jahr 1577 enthielt mehr die Grundlehren dieſer Wiſſenſchaft; ſowie diejenige des Stevin vom Jahr 1596. Aus dem ſiebenzehnten Jahrhundert ſind die mechaniſchen Werke des Baldi, des Galilei, des Torricelli, des

Baliani, des Schott, des Wallisius, des Caſati, des Borelli, des Rohault, des de la Hire, Varignon u. a. noch immer berühmt. Und ſpäter waren diejenigen des Leupold vom Jahr 1724 bis 1726 noch nützlicher, weil ſchon der Anfang reiferer Mechanik in ihnen ſichtbar war. Auch hatte ſchon im Jahr 1724 der Franzoſe Camüs ziemlich geordnete Anfangsgründe der Maſchinenlehre entworfen. Indeſſen war doch dasjenige, was vom Jahr 1716 an bis auf die neueſte Zeit Hermann, Belidor, Polhem, van Swinden, Cancrin, Krafft, Mönnich, Klügel, Poda, Baader, Langsdorf, Lempe, Prony, Nordwall, Rinmann, Pasquich, Wiebeking, Woltmann, Eytelwein, Borgnis, Chriſtian, Nicholſon, Buchanan und einige andere darin leiſteten, bei weitem vorzüglicher und reichhaltiger, wie es wegen der vielen neuen Erfindungen auch ganz natürlich ſeyn mußte.

§. 117.

Nach der Griechen und Römer Zeit (§. 9 f.) iſt bis zum ſechszehnten chriſtlichen Jahrhundert wenig für die Hydroſtatik und Hydraulik gethan worden. Galilei war gegen Ende des ſechszehnten Jahrhunderts der erſte, welcher die Hydroſtatik von neuem belebte und ſie mit manchen wichtigen Entdeckungen bereicherte. Unter andern zeigte er, daß der Druck des Waſſers auf einen waagrechten Boden dem Produkt aus der Höhe des Waſſers in den Boden porportional ſey. So lehrte er den Druck auf einen ſenkrechten und ſchiefen Boden, ſowie auf die Seitenwand eines Gefäßes oder Behälters beſtimmen. Ghetalti erweiterte um's Jahr 1603 die Hydroſtatik noch; auch gab er ihren Lehren

durch zweckmäßige Verſuche mehr Feſtigkeit. Daſſelbe Verdienſt erwarben ſich auch Simon Stevin, David Rivalti, Mariotte, Robert Boyle, Franziscus Tertius de Lanis, Newton, Dechales, Wallisius, Rohault u. a.

Robert Boyle beleuchtete im Jahr 1680 das ſogenannte hydroſtatiſche Parador vom Balanciren der dünnen und dicken Waſſenſäulen in Röhren und Gefäßen, die mit einander Gemeinſchaft haben. Auf dieſes Parador gründeten mehrere Jahre nachher Wolff ſeinen anatomiſchen Heber, s'Graveſande ſeinen hydroſtatiſchen Blaſebalg, Höll ſeine Waſſerſäulenmaſchine, Bramah und Real ihre hydroſtatiſchen Preſſen (§. 85 f.). Durch den Seitendruck des Waſſers erklärte man in der Folge die ſogenannte Reaktion oder Rückwirkung des Waſſers (und anderer, auch der elaſtiſchen Flüſſigkeiten).

§. 118.

Im achtzehnten Jahrhundert machten ſich Varignon, Jacob und Daniel Bernoulli, d'Alembert, Euler und Käſtner vorzüglich um den theoretiſchen Theil der Hydroſtatik verdient. Den Druck des Waſſers gegen andere Körper beleuchteten vor etwa fünfzig Jahren de Borda und Boſſüt ſehr ſchön. Ihre Unterſuchungen findet man in den Pariſern Memoiren aufbewahrt. Mit demſelben Gegenſtande, der für die Waſſerbaukunſt ſo wichtig iſt, beſchäftigten ſich nachher de la Grange, Michelotti und Fontana, wie die Turiner und Veroneſer Memoiren ausweiſen. Auch Hermann, Karſten, d'Antoni, Mönnich, van Swinden, Mann, Chapman, Vince,

Eytelwein, Wiebeking u. a. hatten ſich im achtzehnten Jahrhundert viele Mühe gegeben, über jenen Druck des Waſſers das gehörige Licht zu verbreiten.

Varignon, Daniel Bernoulli, van Muſſchenbroek, Reaumür, Lavoiſier und Briſſon berichtigten im achtzehnten Jahrhundert die Lehre vom ſpecifiſchen Gewicht der Körper. Im ſechszehnten Jahrhundert konnte man darüber noch nichts Genaues aufweiſen. Das erſte Werk davon hatte Ghetaldi im Jahr 1603 zu Rom herausgegeben. Hauptſächlich hat Briſſon im Jahr 1787 durch ſeine zahlreichen ſorgfältig angeſtellten Verſuche, deren Reſultate er hernach ſo ſchön ordnete, ſehr viel zur Vervollkommnung dieſer Lehre beigetragen. Es läßt ſich denken, daß auch die Werkzeuge zur Beſtimmung der ſpecifiſchen Schwere, ſowohl die hydroſtatiſchen Waagen (§. 94.), als auch die Aräometer, in demſelben Zeitalter ſehr vervollkommnet wurden. Boyle hatte vor dem Ende des ſiebzehnten Jahrhunderts mit ſeinem Aräometer die Bahn zu neuen Erfindungen gebrochen. Dieſe Bahn betraten in der Folge Leupold, Leutmann, van Muſſchenbroek, Fahrenheit, Montcony, Feville, de Lanthence, Gattey, Lindblom, Scannegatti, Faggot, Brander, Briſſon, Baumé, Casbois, Ciarey, Schmidt, Höſchel, Richter, Quin, Tralles, Nicholſon, Meißner u. a. Wie nützlich die Aräometer in unſerer Zeit zur Beſtimmung des ſpecifiſchen Gewichts von gar mancherlei Flüſſigkeiten, z. B. der Salzwaſſer, der Laugen, der Biere, der Brantweine, der Weine, der Oehle ꝛc. angewandt werden, iſt ja bekannt genug. Briſſon gra-

duirte das Aräometer zuerſt durch das eigne Gewicht des Inſtruments ſelbſt, damit der Punkt des Einſenkens ſogleich die Dichte der Flüſſigkeit anzeige, ein Verfahren, welches man in der Folge mit Nutzen angewandt hat.

§. 119.

Auf manche gemeinnützige Gegenſtände iſt die Hydroſtatik, beſonders ſeit dem Anfange des achtzehnten Jahrhunderts, angewendet worden. So lehrte ſchon Euler das Einſinken der Schiffe im Waſſer genau anzugeben und daraus die richtige Ladung zu beſtimmen. Daſſelbe thaten Polhem, Schelbon und Chapman. Der Bau der Schiffe, Kähne und Fähren, und die beſte Stellung derſelben auf dem Waſſer, wurde vornehmlich durch Daniel Bernoulli, durch Bouguer, Euler, du Hamel und Boſſut auf feſte Gründe geſtützt. Auch andere ähnliche Erſcheinungen, z. B. das Schwimmen der Menſchen und Thiere, das Sinken und Steigen der Fiſche im Waſſer, die ihren Grund ebenfalls aus der Hydroſtatik herholen, gewannen im achtzehnten Jahrhundert an genaueren Beſtimmungen. Schon im Jahr 1742 gab Bachſtrom einen guten auf hydroſtatiſche Theorien geſtützten Unterricht im Schwimmen. Der berühmte Amerikaner Franklin, und der Franzoſe Thevenot thaten daſſelbe, ſowie ſpäter der Italiener Orontio de Bernardi, die Engländer Nicholſon und Horsburgh, und der Deutſche Gutsmuths.

Schwimmgürtel, Waſſerharniſche und andere Schwimmkleider waren längſt vorhanden. Aber erſt im achtzehnten Jahrhundert lernte man durch Hülfe der berichtigten hydroſtatiſchen Lehren auch dieſe beſſer einrichten,

beſſer und ſicherer gebrauchen. So war es mit dem Schwimmküraſſe des Bachſtrom, mit dem Schwimmkleide des Haſſelquiſt, mit dem Scaphander des Lecombe, mit dem Schwimmgürtel des Keßler, mit dem Seewams des Spencer, mit dem Schwimmkragen des Scheffer u. ſ. w. Auch die erſt in der letzten Hälfte deſſelben Jahrhunderts erfundenen Rettungsboote und andere Rettungsfahrzeuge des Greathead, des Bosquet, des Lukin, des van Houten, des Bateman u. a. verdankten ihre Einrichtung ſolchen hydroſtatiſchen Grundſätzen.

§. 120.

Schüler vom großen Galilei waren eigentlich die Gründer der neuern Hydraulik. Kaum hatte Galilei die Geſetze der Bewegung ſchwerer Körper (§. 97 f.) bekannt gemacht, als man auch ſchon anfing, die Flußbewegung eben ſo, wie die Bewegung eines ſchweren Körpers zu beſtimmen, der von einer ſchiefen Fläche herabläuft. Man ſuchte dann ferner die Geſetze zu erhalten, nach welchen ein mit Waſſer gefülltes Gefäß ausläuft, um daraus über die Bewegung des Waſſers Schlüſſe ziehen zu können. Caſtelli war um's Jahr 1640 der erſte, welcher anfing, die Geſchwindigkeit des fließenden Waſſers mit der Höhe des Waſſerſtandes (Waſſerſpiegels) über der Ausflußöffnung zu vergleichen. Er glaubte, durch Verſuche ſeinen Satz beſtätigt zu finden: die Geſchwindigkeit des durch eine Oeffnung ſtrömenden Waſſers verhalte ſich wie die Höhe des Waſſerſpiegels über der Oeffnung. Bald kam aber ſein Irrthum an's Licht, denn nur ein Paar Jahre ſpäter entdeckte Torricelli das richtige Geſetz: die Geſchwindigkeit des Waſſers verhalte ſich wie

die Quadratwurzel aus der Höhe des Waſſerſpiegels über der Oeffnung.

Newton, Baratini, Mariotte, Gulielmini, Michelotti, Boſſut, Venturi, Banks, Helſham, Smeaton, Langsdorf, Eytelwein u. a. fanden dies Geſetz durch Verſuche beſtätigt. Die Verſuche konnten mit Ausflußmengen in gewiſſer Zeit angeſtellt werden. Denn dieſe müſſen ſich natürlich eben ſo verhalten, wie die Geſchwindigkeiten, weil bei einerley Ausflußöffnung zur doppelten Ausflußmenge auch doppelte Geſchwindigkeit, zur dreifachen, vierfachen ꝛc. Ausflußmenge auch doppelte, vierfache ꝛc. Geſchwindigkeit gehört. Baliani, Dechales, Merſenne, Hermann, Zendrini, Newton, Johann und Daniel Bernoulli, d'Alembert, Euler, Käſtner, de la Grange, Karſten, Büat, Prony und Langsdorf beſtätigten daſſelbe Geſetz durch ihre theoretiſchen Unterſuchungen.

§. 121.

Gulielmini und Boſſüt lieferten Beobachtungs-Tafeln über die ausfließende Waſſermenge. Hingegen das Verhältniß der Weite der Oeffnung zu der Zuſammenziehung des Waſſerſtrahls, oder den herausſchießenden Waſſerkörper, ſuchten vorzüglich Newton, Poleni und Boſſüt zu beſtimmen. Mehrere Mathematiker, wie z. B. Käſtner und Karſten gaben über die allmälige Beſchleunigung des ausfließenden Waſſers Formeln an die Hand, die ſie auf Behältniſſe mit Röhrenleitungen anwenden wollten. Dieſe Formeln hatten aber den davon erwarteten Nutzen nicht; denn ſie bezogen ſich eigentlich auf erdichtete Gegenſtände und auf

Digitized by Google

unſtatthafte Vorausſetzungen. So hatten ſich auch die Bernouli's, d'Alembert, Euler und de la Grange Mühe gegeben, die Hydraulik (ſowie manche andere praktiſch-mathematiſche Wiſſenſchaft) eben ſo, wie die reine Mathematik vorzutragen. Und dies war den Fortſchritten der Hydraulik in der That eben ſo hinderlich, als die Abneigung der Empiriker gegen alle Theorie. Jene berühmten Männer ſchrieben nämlich der Bewegung des Waſſers Geſetze vor, ohne ſich darum zu bekümmern, ob auch die Natur dieſen Geſetzen Gehorſam leiſte. Viel zweckmäßiger und für die Praxis nutzbarer gingen Boſſût, dû Bûat, Michelotti, Helſham, Banks, Prony, Venturi, Wiebeking, von Baader und Langsdorf zu Werke. Denn dieſe verglichen ihre Theorien ſtets mit der Ausübung, prüften ſie genau und ließen ſie auf keine andere Weiſe als empfehlenswerth paſſiren.

§. 122.

Daniel Bernoulli hatte übrigens im Jahr 1738 das erſte Buch geſchrieben, worin die Hydrodynamik ausführlich behandelt war. Er gründete dieſe Wiſſenſchaft auf das Geſetz der Erhaltung lebendiger Kräfte, welches ſein Vater Johann Bernoulli erfunden hatte. Beide, Vater und Sohn, hatten im Jahr 1729 zuerſt die Geſetze aufgeſtellt, nach welchen die Bewegung flüſſiger Maſſen von gegebenen Kräften beſchleunigt wird. Vorher kannte man blos die Bewegung des Waſſers im Beharrungsſtande und gründete faſt die ganze Hydraulik auf die meiſtens aus Verſuchen geſchloſſenen Lehren von der Bewegung des Waſſers aus kleinen Oeffnungen.

Das erſte brauchbare Lehrbuch der Hydrodynamik in deutſcher Sprache gab Käſtner im Jahr 1769 heraus. Ueber ein Dutzend Jahre nachher machte ſich Langsdorf durch ſcharfſinnige hydrodynamiſche Unterſuchungen berühmt; und ums Jahr 1792 erhielten wir in unſerer Mutterſprache durch Langsdorf die Hydrodynamik des Boſſût.

§. 123.

La Grange, welcher das Flüſſige als ſelbſtſtändige vollkommen bewegliche Theilchen anſah, brachte die Geſetze vom Gleichgewicht und der Bewegung der Flüſſigkeiten auf allgemeine Gleichungen. Er ließ nur noch die Aufgabe übrig, einzelne Fälle in Hinſicht der Integrationen zu betrachten. Mit dieſer Aufgabe beſchäftigten ſich in der neueſten Zeit die Analytiker Italiens, vornehmlich Venturoli, recht glücklich.

Aber nicht blos theoretiſch wurde die Hydraulik in Italien mit weſentlichen Entdeckungen bereichert, ſondern auch in praktiſcher Hinſicht ſchritt dieſelbe Wiſſenſchaft weſentlich vorwärts. So hatte z. B. der ConteFöſſombroni im Jahr 1789 von den Verſuchen der Toskaner erzählt, das Thal der Chiana von den vielen verheerenden Ueberſchwemmungen zu befreien; auch hatte er zugleich ſeine Vermuthungen über den frühern Zuſtand der Gewäſſer dieſer Provinz ausgeſprochen. Das wurde nachher auch durch eine in der alten Benediktiner-Abtey von Arezzo aufgefundene topographiſche Charte aus dem dreizehnten Jahrhundert beſtätigt. Die Gebiete des Arno und der Chiana waren nämlich, wie man den Vorgang erzählt, von einander getrennt, und auf ihrem bedeutenden Zwiſchenraume ſtand ſtilles Waſ-

ſer, gleichſam als Sumpf, und verpeſtete die Gegend. Torricelli, Caſſini, Viviani und Perelli waren vergeblich in Rath genommen worden, und erſt vor wenigen Jahren glückte es dem Manetti die Waſſer aus dem toskaniſchen Theile des Thales in das Bette des Arno hineinzutreiben.

§. 124.

Sehr wichtig für mancherley Anwendungen waren die im Jahr 1775 und 1779 angeſtellten Betrachtungen des Boſſût und des dû Bûat über den Ausfluß des Waſſers aus Röhrenleitungen, weil ſie Reſultate gaben, woraus man die Geſchwindigkeiten und den Druck des Waſſers, die richtige Weite der Röhren und die Stärke der Röhren-Wände beſtimmen lernte. Zwar hatten ſchon Parent, Belidor und Cancrin ähnliche Regeln aus der Erfahrung geſammelt; aber bei dieſen Regeln war nicht zugleich auf die Theorie Rückſicht genommen worden. Nur da, wo die Theorie und Praxis Hand in Hand gingen, ließ ſich etwas Vorzügliches erwarten. — Die erſt vor wenigen Jahren von Prechtl in Wien angeſtellten Betrachtungen über die Stärke der Röhrenwände, enthalten recht viel Nützliches.

§. 125.

Käſtner zeigte (in ſeiner Hydrodynamik) mit vieler Gründlichkeit die Anwendung der Lehre vom Druck des Waſſers auf Dämme, Schleuſen und Wehre, um dieſe ſo dauerhaft und zweckmäßig, wie möglich, einrichten zu können. Bûat füllte unter andern auch dadurch eine große Lücke in der Lehre von der Bewegung flüſſiger Körper aus, daß er die Geſetze auffand, nach denen in langen Waſſerlei-

tungen die Verzögerung oder der Widerſtand erfolgt, ſowie das Verhältniß, worin dieſer Widerſtand mit der Länge und Weite der Röhren und der Geſchwindigkeit des darin fortbewegten Waſſers ſteht. Zur Beſtimmung deſſelben Widerſtandes gab er ein allgemeines Maaß an, welches auf jeden einzelnen Fall paßte. Vorher war dieſe Aufgabe noch nie richtig aufgelößt worden. Da Büats aus vielen angeſtellten Verſuchen hergeleitete Formel immer ſehr gut paßte, ſo war es kein Wunder, daß ſie großen Beifall erhielt.

§. 126.

Das Verhältniß der Röhrenweite ſuchten ſchon zu Anfange des achtzehnten Jahrhunderts Carré und Römer zu berichtigen, wie man aus ihren Abhandlungen in den Pariſer Memoiren ſieht. Nachher thaten dies auch Johann, Jakob und Daniel Bernoulli in den Petersburger Commentarien und Acten, ſowie Bonati und Lorgna in den Memoiren von Verona.

Daß bei Röhrenleitungen Waſſer, welches hindurchfließt, an Geſchwindigkeit verliert, wenn die Röhren nicht immer geradeaus gehen, wußte man längſt; aber das Verhältniß dieſes Verluſtes kannte man noch nicht. Erſt Venturi ſtellte darüber ſorgfältige Verſuche an, um den Verluſt an Geſchwindigkeit, folglich auch an Waſſermenge bei dieſer oder jener Biegung der Röhren in Erfahrung zu bringen. Die Reſultate ſeiner Verſuche konnten nicht anders als nützlich ſeyn. Eben ſo hatte man auch gewußt, daß das Waſſer durch Adhäſion an die Röhrenwände einen Theil ſeiner Geſchwindigkeit verliert; aber wie viel dies beträgt, wurde erſt in der letzten Hälfte des achtzehnten Jahrhunderts durch

die Verſuche des Huth, Bûat und Achard in Richtigkeit gebracht.

§. 127.

So wichtig alle dieſe Unterſuchungen da ſeyn mußten, wo Waſſer durch Röhren läuft, in Röhren hinaufzutreten gezwungen wird ꝛc., ſo waren es diejenigen über die Bewegung des Waſſers in geradeaus gehenden prismatiſchen Kanälen nicht minder. Die hier einſchlagenden Lehren von dem Durch- und Ausfluß des Waſſers, von der Geſchwindigkeit deſſelben, von den Hinderniſſen der Bewegung ꝛc. ſind vornehmlich von Poleni, Gulielmini, Manfredi, Grandi, Boſſût, Bernard und Wiebeking mit großem Fleiß bearbeitet worden.

Schon Galilei, Manfredi, Grandi, Caſtelli, Varignon, de la Hire, Daniel Bernoulli, Gulielmini, Mariotte, Caſſini, Montonari, Barattieri, Fontana, Euler, Zendrini, Brouncker, Couplet, Saulmon, Friſi, Pitot, Elvius, s'Graveſande, Lulols u. a. ſuchten die Geſchwindigkeit des fließenden Waſſers in Kanälen, Flüſſen ꝛc. zu beſtimmen. Später thaten dies mit noch mehr Erfolg Silberſchlag, Bonati, Lecchi, Hennert, du Bûat, Young, Couſin, Ximenes, Woltmann, Brünings, Lorgna, Langsdorf, Michelotti, Eytelwein ꝛc. Stimmten auch bei dieſen Männern die Reſultate nicht auf das Genaueſte überein, ſo berichtigten ſie doch die Hydraulik der neueſten Zeit nicht wenig.

§. 128.

Die erſte Theorie von der Geſchwindigkeit der Flüſſe

verdanken wir dem Galilei. Er gründete ſie auf das Geſetz, nach welchem feſte Körper an einer ſchiefen Ebene heruntergleiten. So mußte denn die Geſchwindigkeit blos auf die Höhe des Abfalls (des Gefälles) ankommen, und deßwegen der Quadratwurzel aus dieſer Höhe proportional ſeyn. Die Theorie des Silberſchlag und des dü Büat beruhte auf ähnlichen Sätzen, wie die des Galilei. Aber dü Büat nahm auch auf die Rauhheiten am Boden der Flüſſe und andere Hinderniſſe die gehörige Rückſicht, wodurch Aenderungen der Geſchwindigkeit überhaupt und Aenderungen vom Boden bis zur Oberfläche entſtanden. Caſtelli, welchen Montonari, Caſſini, Barattieri und einige andere beipflichteten, ſetzte die Geſchwindigkeit der Höhe des Waſſers; Gulielmini aber, dem Grandi, Zendrini, Friſi, s'Graveſande, Lulöls, Lecchi, Hennert u. a. beiſtimmten, den Quadratwurzeln aus der Höhe des Waſſers proportional. Jene erhielten eine trianguläre, dieſe eine paraboliſche Skale der Geſchwindigkeiten. Brünnings und Woltmann zeigten, jeder auf eigne Art für ſich, daß weder die eine, noch die andere jener Skalen zu richtigen Reſultaten führe.

Euler hatte die Bewegung des Waſſers ſogar in dem Zuſtande betrachtet, wo es, wie zur Sommers- und zur Winterszeit, eine verſchiedene Temperatur hat. Das war allerdings ein feiner, ſcharfſinniger Gedanke, womit man aber in der Praxis nicht viel ausrichtete.

§. 129.

Wichtig zur praktiſchen Beſtimmung der Geſchwindigkeit des fließenden Waſſers waren eigne dazu erfundene Werk-

Digitized by Google

zeuge, welche Strommeſſer genannt werden. Schon Mariotte, Gulielmini, Caſtelli, Muratori, Barattieri, Leupold u. a. bedienten ſich ſchwimmender Vorrichtungen, pendelartiger Stäbe, kleiner vom Waſſer umgetriebener Schaufel- oder Flügelrädchen u. dgl. um damit die Geſchwindigkeit oder Stärke des fließenden Waſſers zu beſtimmen. Der Franzoſe Pitot erfand ums Jahr 1735 die Röhre, welche von ihm Pitotſche Röhre genannt wurde. Senkte man dieſe Röhre vertikal in fließendes Waſſer, ſo ſtieg letzteres darin deſto höher empor, je größer ſeine Geſchwindigkeit war. Der berühmte holländiſche Hydrotekt Brünings bemerkte zuerſt, daß die Röhre in irgend einer beträchtlichen Tiefe nicht gut anzubringen ſey, und daß auch das Waſſer in der Röhre ſtets oſcillire. Er gab daher ein eignes Tachometer an, beſtehend aus einem Pfahle mit einer herumgehenden Hülſe, durch die eine Stange horizontal hindurch geſchoben werden konnte. Vorn an der Stange daß eine Tafel und hinten eine Schnur, die hinaufwärts um eine Rolle bis zu dem kurzen Arme eines der Schnellwaage ähnlichen Hebels ging. Die Tafel kam in das fließende Waſſer, von deſſen Gewalt die horizontale Stange hineingeſchoben wurde, und zwar um ſo mehr, je ſtärker jene Gewalt war. Durch das Gegengewicht (den Läufer) am Hebel konnte man die Gewalt gleichſam abwägen und auch an einem Zeiger (Zünglein), der an einem Quadranten herausſpielte, konnte man ſie auch ſehen. — Lorgna's Waſſerhebel, ſowie Michelotti's Schnellwaage waren ſchon dieſer Vorrichtung ähnlich geweſen; Ximenes Waſſerfahne, die durch den Waſſerſtoß gedreht wurde, und wegen dieſer Dre-

hung auf einen über einer eingetheilten Scheibe angebrachten Zeiger wirkte, war nicht ſo bequem zu gebrauchen. Ueberhaupt gaben dieſe Vorrichtungen die Geſchwindigkeit des Waſſers nicht unmittelbar, ſondern nur die Stärke des Waſſerſtoßes an. Das war auch mit dem Stromquadranten (einem Quadranten mit Pendel) der Fall, womit ſelbſt Eytelwein noch zu Ende des achtzehnten Jahrhunderts Verſuche anſtellte.

§. 130.

Silberſchlags, um's Jahr 1772 in Vorſchlag gebrachte hohle polirte Kugel, die auf dem Waſſer fortſchwimmen mußte, gab die Geſchwindigkeit unmittelbar an, aber nur auf der Oberfläche. Es gehörte eine gute Sekundenuhr dazu. Woltmann's hydrometriſcher Flügel, welcher um's Jahr 1790 erfunden wurde, beſtimmte ebenfalls ſogleich die Geſchwindigkeit ſelbſt. Sehr zarte ſchief geſtellte Flügelchen, wie Windflügel an einer dünnen Welle befindlich, wurden vom Waſſer ſo umgetrieben, daß ſie die Geſchwindigkeit des Waſſers ſelbſt erlangten. Ein Paar feine Schraubengänge in der Mitte der Welle ſchoben ein Stirnrad herum, an welchem man die Anzahl der Umdrehungeu der Flügelchen mittelſt eines an dem Geſtelle befeſtigten Zeigers, leicht abſehen konnte. — Aehnliche, aber viel unvollkommnere hydrometriſche Flügel hatten ſchon Muratori, Gennele u. a. gebraucht. Es verſteht ſich, daß dieſe Vorrichtungen an einem zweckmäßigen Geſtelle angebracht ſeyn mußten.

§. 131.

Die Lehre vom Widerſtande oder vom Stoße des Waſſers iſt für den Bau der Waſſerräder, der Schleuſen ꝛc.

äußerſt wichtig, aber auch ſehr ſchwierig. Newton, Daniel Bernoulli, d'Alembert, Euler, Käſtner, Lambert, Langsdorf u. a. haben ſie der tiefſten Unterſuchung werth gehalten. Nach und nach ſtellten andere berühmte Männer, wie s'Graveſande, Krafft, Boſſût, du Büat, de Borda, Chapman, Vince, Ximenes, Woltmann, Brünings, Gerſtner, Nordwall ꝛc. eine Menge Verſuche darüber an, die alle dahin abzweckten, ein allgemeines Geſetz angeben zu können, wonach ſich die Stärke des Stoßes beſtimmen ließe.

Die Theorie der unterſchlächtigen Waſſerräder, die der Stoß des Waſſers unten an die Schaufeln in Umdrehung ſetzt, beruhte in der Hauptſache auf jener Lehre des Waſſer-Stoßes. Parent, Pitot, Caſſini und de la Hire ſcheinen vom Ende des ſiebzehnten Jahrhunderts an die erſten geweſen zu ſeyn, welche ernſthafte Unterſuchungen über den Waſſerſtoß bei ſolchen Rädern anſtellten. Ihnen folgten Martin, dû Boſt, Waring, Williams, Belidor, Deparcieux, Käſtner, Riebel, Karſten, Lambert, Klügel, Mönnich, Silberſchlag, Geuß, Brünings, Hennert, Bicker, Huth, Wilke, Langsdorf, Gerſtner, Bucquet, Fabre, Parrot, Eytelwein, Eiſelen, Buchanan, Schmidt, Banks, Rinman, Nordwall, Borda, Burg u. a. Wie wenig aber oft die Theorie der geſchickteſten Männer mit der Erfahrung übereinſtimmte, zeigte unter andern die Theorie des Boſſût und des Schmidt; die Klügel'ſche Theorie wich noch am wenigſten von der Erfahrung ab. Nordwalls Regeln über die Größe der unterſchlächtigen Waſſerräder und

über die Anzahl ihrer Schaufeln mußten um ſo nützlicher ge- funden werden, da ſie Reſultate einer großen Anzahl in Schwe- den angeſtellter Verſuche waren.

John Smeatons zahlreiche Verſuche darüber waren gleichfalls ſehr lehrreich. Er ſowohl, wie Nordwall, brach- ten die Reſultate ihrer Experimente in Tabellen, die für den Praktiker großen Nutzen haben konnten.

§. 132.

Die im Jahr 1759 von dem Franzoſen Deparcieux erfundene neue Schaufelſtellung iſt wenig angewendet worden; die gekröpften Schaufeln, wie Eiſelen zu Berlin ſie im Jahr 1800 angab, fanden dagegen mehr Beachtung. Müh- len mit horizontalen Waſſerrädern, deren Schaufeln eine löffel- oder muſchelförmige Geſtalt haben, waren in Ita- lien, in Frankreich, in Schweden und in der Türkey ſchon längſt üblich; in Deutſchland ſind ſie aber nie eingeführt worden.

Eine beſondere Art von unterſchlächtigen Waſſerrädern erfand um's Jahr 1819 Lambert in London. Die Schau- feln deſſelben ſtehen in ſenkrechter Lage gegen die Oberfläche des Waſſers, welches ſie durchſchneiden müſſen, und behal- ten bei jeder Richtung des Rades dieſe Stellung bei. Wenn Lambert auch manche Vortheile eines ſolchen Rades den Praktikern vor Augen legt, ſo müſſen einſichtsvolle Hydrau- liker doch wieder mancherley Mängel daran finden, die es wohl ſchwerlich zu irgend einer ernſthaften Anwendung wer- den kommen laſſen.

§. 133.

Mit der Theorie der oberſchlächtigen Waſſerrä- der, die eigentlich nur durch das Gewicht des in ihre Zel-

len fallenden Waſſers in Bewegung geſetzt werden ſollen, waren von jeher viele Schwierigkeiten verbunden. Deswegen kamen auch immer ſo verſchiedenartige Reſultate zum Vorſchein. Karſten und Boſſút behandelten dieſe Waſſerräder ſo, als wenn gar keine Schwierigkeiten dabei vorkommen könnten. Käſtner aber ging ſchon viel ernſtlicher damit zu Werke. Er ſtellte (in ſeiner Hydrodynamik) über die Schwungkraft des Waſſers und über den Einfluß derſelben auf das frühere Ausſchütten der Zellen ſchöne Betrachtungen an. Aber über die Verminderung des Waſſerdrucks in den Schaufeln, welche von der Schwungkraft abhängt, brachte er nichts an den Tag. Langsdorf gründete ſeine Theorie auf unmittelbare Beobachtungen; dadurch vereinfachte und berichtigte er ſie möglichſt. Sie mußte daher wohl vor allen übrigen Theorien, auch vor der Lambertſchen, Klügelſchen ꝛc. immer bedeutende Vorzüge behalten. — Deſaguliers, Belidor, Smeaton, Lambert, Borda und Deparcieux haben gleichfalls manches Lehrreiche, wenn auch nicht immer gleich Anwendbares, über ſolche Räder mitgetheilt.

Daß Regeln, aus der Erfahrung hergeleitet, auch für oberſchlächtige Waſſerräder ſehr nützlich ſeyn mußten, zeigten unter andern die Bemühungen der verdienſtvollen ſchwediſchen Mechaniker Rinman und Nordwall.

§. 134.

Ein merkwürdiges oberſchlächtiges Rad iſt des Engländers Burns Rad ohne Welle; aber noch merkwürdiger iſt dasjenige Eimerwerk, welches, bei hohem Gefälle, die Stelle eines oberſchlächtigen Waſſerrades vertreten ſoll. Das Waſſer füllt auf der einen Seite die Eimer, welche, wie ein

Paternoſterwerk, an einer Kette ohne Ende befeſtigt ſind. Dieſe Kette iſt um zwei oben und unten über einander befindliche Wellen geführt, wovon die eine diejenige iſt, welche ihre umdrehende Bewegung durch ein Räderwerk (Mühlwerk) weiter fortpflanzt. — In Schottland befinden ſich ſolche Eimerwerke.

Eine umgekehrte Kettenpumpe hatte Cooper ſchon im Jahr 1784 ſtatt des oberſchlächtigen Waſſerrades da vorgeſchlagen, wo ein ſtarkes Gefälle zu Gebote ſteht. Später empfahl auch Robiſon eine ſolche Vorrichtung dazu. Die halboberſchlächtigen oder mittelſchlächtigen Räder, auch Sackräder genannt, ſind in der neuern Zeit hauptſächlich von den Engländern Smeaton, Lloyd, Oſtel, Strutt, u. a. verbeſſert worden.

§. 135.

Von der Rückwirkung oder Reaction (§. 58.) des Waſſers haben die Bernoulli's zuerſt geſchrieben. Mit vielem Scharfſinn bearbeiteten dieſe Lehre nachher Euler, Krafft, Karſten, Kratzenſtein, Boſſut und Langsdorf. Die unter dem Namen Segnerſches Waſſerrad von Segner in Göttingen im Jahr 1747 erfundene Reactionsmaſchine (§. 58.) gründete ſich darauf. Man verſprach ſich von dem Effekt dieſer Maſchine ſehr viel; doch entſprach ſie nicht den Erwartungen, welche man von ihr hatte, wie aus den Bemühungen des Krafft, Barker und Hollenberg hervorging. Der Engländer Barker, welcher ſie zur Betreibung einer Mahlmühle ohne Rad und Trilling anzuwenden ſuchte, ſetzte den Läufer auf die Welle des umlaufenden hohlen Cylinders, aus deſſen horizon-

talen Röhren das Waſſer ſeitwärts ausſtrömte. Die Mühle ging aber ſelbſt dann nicht lange, als der Franzoſe de la Cour ſie um's Jahr 1775 und der Engländer Rumſey im Jahr 1795 verbeſſert hatte. Der durch ſeine Sprachmaſchine und ſeinen mechaniſchen Schachſpieler bekannte Herr von Kempele ließ Dämpfe von kochendem Waſſer in den Cylinder ſtrömen, wodurch dieſer, wegen des Ausſtrömens aus den horizontalen Seitenröhren, gleichfalls in Umdrehung kam; und ſo hatte man denn eine Dampfmühle ohne Rad und Trilling.

Langsdorf gründete ſeine neue Saugſchwungmaſchine in der Hauptſache auf das Segnerſche Waſſerrad, indem durch die Umdrehung einer hohlen Welle, vermöge der Rückwirkung, und durch das Auslaufen des Waſſers aus den Seitenöffnungen von horizontalen Armen ein luftleerer Raum in der Welle entſtand, in den das Waſſer, worin die Welle geſetzt war, ſtets emporſtieg.

§. 136.

Die Eigenſchaften der Luft, mathematiſch betrachtet, wurden zu Anfange des achtzehnten Jahrhunderts von dem Freiherrn von Wolff zuerſt in ein Syſtem gebracht. Dadurch erhob ſich dieſer verdienſtvolle Gelehrte gleichſam zum Schöpfer derjenigen mathematiſchen Diſciplin, welche Aerometrie genannt wird. Wolffs Unterſuchungen betrafen aber meiſtens nur das Gleichgewicht der Kräfte, die auf die Luft wirkten. Erſt ſpäter gewann dieſe Wiſſenſchaft einen größern Umfang, als man auch mehrere andere ſogenannte elaſtiſche Flüſſigkeiten, außer der atmoſphäriſchen Luft, mit in die Unterſuchungen zog, und als Daniel Bernoulli,

d'Alembert und Euler die Geſetze der Bewegung jener elaſtiſchen Flüſſigkeiten, mit Hülfe der vervollkommneten Analyſe auszuſpähen ſuchten.

Bernoulli gründete ſeine Unterſuchungen auf die Erhaltung lebendiger Kräfte; Euler zeigte aber, wie ſich manche andere Grundſätze der Mechanik auch hier anwenden ließen und wie die Rechnung geführt werden müſſe, wenn man die Aufgaben genau und richtig auflöſen wolle. — Karſten trug die ganze Lehre von der Bewegung flüſſiger elaſtiſcher Materien unter dem Namen Pneumatik vor.

§. 137.

Auf ähnliche Art, wie man über den Stoß des Waſſers Unterſuchungen angeſtellt hatte, machte man es auch mit dem Stoße oder Widerſtande der Luft, wie diejenigen Unterſuchungen darüber ausweiſen, die wir im achtzehnten Jahrhundert dem Euler, Karſten, Schober, Lambert, Hutton, Smeaton, Woltmann, Brünings u. a. verdanken. So fand z. B. Hutton, daß der Widerſtand der Luft auf eine gegebene Fläche ſich immer verhalte, wie das Quadrat der Geſchwindigkeit. Man wandte dieſe Lehre auf die Theorie der Windmühlenflügel (§. 40.) an, worin Parent, Euler, Lambert, Karſten, Gower, Coulomb, Lulofs, Feſter, Gilpin, Claußen, Smeaton, Langsdorf u. a. viel geleiſtet hatten, um z. B. die wahre Geſtalt und den Winkel der Flügel gegen die Umdrehungsaxe zu beſtimmen. Mit der Theorie reichte man freilich auch hier nicht aus; man mußte auch Erfahrungen mit zu Hülfe nehmen, wenn man in der Praxis nicht große Fehler begehen wollte. So mußten z. B. Regeln, die aus

Verſuchen floſſen, wie Gower und Smeaton ſie anſtellten, von beſonderm Nutzen ſeyn.

§. 138.

Anemometer oder Windmeſſer zur Beſtimmung der Stärke oder Geſchwindigkeit jedes Windes gab ſchon im ſiebzehnten Jahrhundert Mariotte an, ſowie nicht lange darauf Bouguer, Wolff, Leupold, und wieder nach mehreren Jahren Ons=en=Bray, Lomonoſou, Zeiher, Schober und Polhem, ſowie in noch neuerer Zeit von Dalberg (nachmaliger Fürſt Primas und Großherzog von Frankfurt), Wilke, Peliſſon, Oertel und Woltmann. Einige von dieſen Windmeſſern, wie z. B. diejenigen des Mariotte, des Bouguer, des Dalberg und des Oertel, zeigten die Stärke des Windſtoßes durch den Winkel an, den eine ebene vertikale Fläche, vom Winde getroffen, mit einer andern Fläche machte; oder durch ein Gewicht, welches durch den veränderten Winkel jener Fläche gehoben wurde. Das Dalbergiſche Anemometer war zugleich ſo eingerichtet, daß die Beobachtung mit demſelben in einem Zimmer geſchehen konnte, während die Fläche ſelbſt außerhalb des Gebäudes der Richtung des Windes entgegenſtand, und daß man damit zugleich die Neigung des Windes gegen den Horizont zu beſtimmen vermochte. Den Windmeſſer des Oertel unterwarf Käſtner einer ſorgfältigen Prüfung. Zugleich gab er eine Formel zu einer leichtern Benutzung dieſes Inſtruments. Die Windmeſſer des Wolff, des Leupold, des Ons=en=Bray, des Schober, des Woltmann und einige andere beſtanden aus Flügelchen, welche vom Winde ſehr leicht mußten umgedreht werden. Sie ſollten die Ge=

ſchwindigkeit des Windes unmittelbar angeben, und zwar nach der Peripherie, welche die Flügelchen beſchrieben. Die Flügelwelle hatte bei Woltmanns Anemometer, eben ſo wie bei deſſen Strommeſſer (§. 130.), ein Paar Schraubengänge, welche in ein Stirnrad eingriffen. Eine Umdrehung der Flügelchen ſchob einen Zahn des Rades weiter; daher konnte man durch Abzählen der fortgeſchobenen Zähne leicht die Anzahl von Umdrehungen der Flügelchen in gewiſſer Zeit gewahr werden.

§. 139.

Das ſogenannte Anemobarometer, welches Wilke in Schweden um's Jahr 1781 erfand, und gleichfalls zur Beſtimmung der Wind-Stärke dienen ſollte, zeichnete ſich durch eine ſinnreiche Einrichtung aus. Auch die Windweiſer oder Anemometrographe, welche in Abweſenheit des Beobachters die Veränderungen in der Richtung des Windes ſelbſt aufzeichnen mußten, verdienten als Produkte des menſchlichen Scharfſinns geprieſen zu werden. Der Engländer Hook brachte ſchon am Ende des ſiebzehnten Jahrhunderts ſolche Inſtrumente in Vorſchlag. Leupold und Graf Onſanbruck thaten daſſelbe zu Anfange des achtzehnten Jahrhunderts. Aber dieſe Werkzeuge trugen noch zu viele Spuren von Unvollkommenheiten an ſich. Erſt im Jahr 1782 wurden ſie durch Moſcati und Landriani bedeutend vervollkommnet.

So konnte man allerdings noch manche auf den Stoß des Windes Bezug habende Erfindungen machen, wozu unter andern auch die gehört, mittelſt einer eignen großen Windauffangungsfläche eine Windmühle ſtets von ſelbſt nach dem Winde drehen laſſen.

§. 140.

Eine ſehr wichtige Kraft zur Bewegung des Waſſers iſt der Druck der Luft vermöge ihrer Schwere. Schon die Alten wußten es, daß das Waſſer in Saumpumpen (§. 49.) nur bis auf eine gewiſſe Höhe (30 bis 32 Fuß) emporgehoben und durch Heber fortgeleitet werden konnte. Aber die Urſache von dieſen und ähnlichen Wirkungen kannten ſie nicht. Denn ſie betrachteten die Luft ganz ohne Schwere und erklärten jene Erſcheinungen blos durch einen Abſcheu der Natur gegen den leeren Raum. Galilei ſpürte der Urſache dieſer Erſcheinungen genauer nach; aber auch er brachte ſie noch nicht in Erfahrung. Denn er meinte, die Natur habe eine Abneigung gegen den leeren Raum nur bis auf eine gewiſſe Gränze. Erſt ſein Schüler Torricelli entdeckte um's Jahr 1643 die wahre Urſache, nämlich die Schwere der Luft, welche mit einer Queckſilberſäule von 27 bis 28 Zoll oder mit einer Waſſerſäule von 30 bis 32 Fuß balancirte, ſobald ſie nur von einer Seite auf dieſe Flüſſigkeit wirkte, und auf der andern keine Luft, folglich kein Gegendruck ſich befände. Merſenne, Pascal u. a. fanden bald dieſe Entdeckung völlig beſtätigt.

Indeſſen ſind allerdings auch einige Gründe vorhanden, daß Descartes ſchon vor Torricelli richtige Begriffe von der Urſache des Saugens gehabt habe. Er erklärt nämlich in Briefen an Merſenne die Erhebung des Waſſers und deſſen Hängenbleiben in dem Stechheber, ſowie die Erhaltung des Queckſilbers in einer oben verſchloſſenen Röhre, aus dem Drucke der Luft. Da aber die Data der Briefe un=

gewiß ſind, ſo läßt ſich auch die Priorität der Entdeckung des Descartes nicht mit Gewißheit behaupten.

§. 141.

Wie nützlich die Elaſticität der Luft als Kraft zum Emportreiben von Waſſer benutzt werden kann, zeigt ja der Heronsbrunnen, die Höll'ſche Luftſäulenmaſchine und der Windkeſſel der Feuerſpritzen und anderer Druckwerke. Dieſe Elaſticität oder ausdehnende Kraft erhielt die Luft durch Zuſammenpreſſen derſelben vom Waſſer ſelbſt. Aber auch durch Wärme kann man die Luft ſo ausdehnen, daß ſie dann eine bedeutende Kraft auszuüben vermag. Der ſogenannte Lichterbrunnen, ein kleiner Springbrunnen, worin Waſſer dadurch zum Springen gebracht wird, daß die Hitze von ein Paar brennenden Lichtern eine kleine, mit dem Waſſer in Verbindung ſtehende eingeſperrte Luftmaſſe ausdehnt, war ſchon längſt erfunden, aber nur zu phyſikaliſchen Verſuchen gebraucht worden. Vor ohngefähr zehn Jahren aber erfanden Montgolfier und Dayme in England eine Maſchine, welche durch Ausdehnung und Zuſammenziehung erhitzter Luft wirkt und zum Waſſerheben, zur Treibung von Mühlen u. dgl. ſoll gebraucht werden können. Schon vorher hatten Niepce und Cagniard-Latour in Paris ähnliche Maſchinen erfunden, aber nur im Kleinen ausgeführt. Auch Woiſard machte eine ſolche Maſchine von eigner Art bekannt.

So haben nun alle Zweige der mechaniſchen Wiſſenſchaften in der neueſten Zeit eine bewunderungswürdige Höhe erreicht; und da beſonders zu den zahlreichen Erfindungen in dem Maſchinenweſen faſt täglich neue hinzukommen, ſo läßt ſich denken, daß dieſe Höhe noch nicht einmal die größte er-

reichbare iſt, daß man vielmehr noch immer weiter emporſteigen werde.

Zweiter Abſchnitt.
Geſchichte der optiſchen Wiſſenſchaften.

§. 142.

Die Geſetze aller Erſcheinungen, welche vom Lichte abhängen, werden in derjenigen mathematiſchen Diſciplin unterſucht, welche den allgemeinen Namen Optik führt, aber auch wieder in die einzelnen Theile Optik, Katoptrik und Dioptrik zerlegt wird, je nachdem die mathematiſchen Unterſuchungen über das Licht gerade ausgehende Lichtſtrahlen oder zurückgeworfene Lichtſtrahlen, oder gebrochene Lichtſtrahlen betreffen. Auch blos die Unterſuchungen über die Stärke des Lichts werden oft zu einer eignen optiſchen Wiſſenſchaft, die Photometrie, erhoben, ſowie in der Perſpectiv Regeln gegeben werden, ſichtbare Gegenſtände auf einer Fläche ſo abzubilden, daß die Gemälde dieſelbe Wirkung im Auge machen, wie die Gegenſtände ſelbſt.

Da wir blos vermöge des Lichts, welches von den um uns befindlichen Körpern hinwegſtrömt und auch unſere Augen trifft, Eindrücke von dieſen Körpern in die Augen bekommen, folglich dieſe Körper ſehen, ſo ſind die Haupt-Benennungen obiger Diſciplinen (von ὄπτω, ich ſehe) leicht zu erklären. Man muß nämlich zugleich wiſſen, daß die erſte be-

kannt gewordene optiſche Unterſuchung, welche die älteſten (griechiſchen) Philoſophen machten, die Natur des Sehens betraf.

§. 143.

Wie kommt es, daß wir Körper ſehen, wenn ſie entweder mit eignem Lichte leuchten oder wenn Licht auf ſie fällt? Dieſe wichtige Frage mußte ſich wohl jedem denkenden Menſchen ſchon im Alterthum aufdrängen; und deswegen iſt es kein Wunder, daß Männer wie Pythagoras, Plato, Ariſtoteles, Euclides, Democrit, Hipparch, Epicur, Lucretius, Seneca u. a. dieſe Frage zu beantworten ſuchten. Da kamen denn freilich, in Vergleich gegen unſere jetzigen Kenntniſſe, manche unrichtige, ja ſeltſame Erklärungen zum Vorſchein.

Nach Pythagoras Meinung ſehen wir jene Körper deswegen, weil ſich beſtändig Theilchen, gleichſam Häute, von ihrer Oberfläche ablöſen; und da dieſe Theilchen beſtändig in unſere Augen fliegen, ſo müſſen die Körper dadurch unſerer Seele bemerkbar werden. Democrit und Epicur nahmen etwas ähnliches an, nämlich Bilder, welche von den Gegenſtänden in das Auge kämen. Nach Empedocles, Hipparch und Plato ſtrömen beſtändig eine Art feiner unſichtbarer Ruthen ſowohl aus den Körpern, als auch aus unſeren Augen; dieſe Ruthen träfen ſich unterweges und fließen einander beſtändig zurück. Ariſtoteles, der ſehr viel vom Lichte redet, hielt das Licht für etwas Unkörperliches. Indem er ſich aber über eine gewiſſe Kraft, die das Sehen bewirkte, erklären wollte, ſo drückte er ſich ſo undeutlich darüber aus, daß man ihn nicht recht verſtehen konnte.

§. 144.

Es gab indeſſen manche Licht-Erſcheinungen, welche die Alten entweder richtig erklärten, oder doch ziemlich richtig beurtheilten. So kannten die Platoniker ſchon, nicht blos die geradlinichte Fortpflanzung des Lichts, ſondern auch die Art ſeiner Zurückwerfung oder Reflection, wenn es auf dunkle undurchſichtige Körper ſtößt; ſie wußten, daß der Zurückſtrahlungswinkel dem Einfallswinkel gleich iſt. Das letztere konnten ſie ja an Sonnenſtrahlen beobachten, die auf ſtill ſtehendes Waſſer oder auf einen andern glatten Körper fielen, oder an Bildern von Gegenſtänden, die ſich auf ſolchen blanken Flächen präſentiren. Zogen ſie auch nur in Gedanken eine gerade Linie vom Auge und eine andere von irgend einem, auf jener blanken Fläche ſich als Bild darſtellenden, Gegenſtande bis an die Stelle des Bildes auf der blanken Fläche, ſo hatten ſie ja jene Winkel, deren Gleichheit ſie wenigſtens taxiren konnten. Auf die geradlinichte Fortbewegung der Lichtſtrahlen, namentlich der Sonnenſtrahlen, und auf die Gleichheit des Einfalls- und Zurückprallwinkels gründeten die Alten hauptſächlich ihre Optik.

§. 145.

Wenn ſchon Bilder auf Waſſer oder auf ſonſtigen blanken Flächen die Aufmerkſamkeit der Alten erregten, ſo mußten manche andere gleichfalls vom Lichte abhängige Erſcheinungen es noch mehr thun, wie z. B. die Vergrößerungen und Verkleinerungen der Bilder auf blanken hohlen und erhabenen Körpern, oder in erhabenen und vertieften durchſichtigen Maſſen; die Verzerrungen der Bilder; das Doppelt- oder Gebrochen-Erſcheinen mancher in Waſſer befindlicher

Körper; das Sammlen der Sonnenſtrahlen in Hohlſpiegeln und erhabenen Gläſern und das dadurch erfolgte Entzünden von Körpern an einer gewiſſen Stelle; die Entſtehung von Farben in gewiſſen durchſichtigen Materien, wohin auch die Farben des Regenbogens gehören; das Flimmern und Zittern der Sterne; u. dgl. mehr. Manche von dieſen Erſcheinungen ſuchten die Alten zu erklären, wobei die Erklärung freilich zum Theil ganz unrichtig oder dürftig ausfiel.

So kannten die Alten die Brechung (Refraction) der Lichtſtrahlen ſchon; auch leiteten ſie die Entſtehung der Farben davon ab, wie dies Seneca that, der aber die ſo hervorkommenden farbigten Strahlen für falſche hielt. Ueber Größe, Geſtalt und Farbe des Regenbogens, auch über Höfe um Sonne und Mond, über Nebenſonnen u. dgl. ſtellte ſchon Ariſtoteles Unterſuchungen an; aber die Reſultate, welche er zum Vorſchein brachte, bereicherten die Wiſſenſchaft nicht; im Gegentheil kamen dadurch ganz irrige Anſichten in Umlauf. Die vergrößernde Kraft durchſichtiger, z. B. mit Waſſer gefüllter kugelartiger Körper, kannte Seneca gleichfalls ſchon; aber die Urſachen der Vergrößerung wußte er nicht zu erklären. Auch das Vergrößern durch Hohlſpiegel erwähnen Seneca und Plinius; auf ihre zündende Kraft hatte ſchon Euclides aufmerkſam gemacht; und Brenngläſer waren zu Socrates Zeiten gar nicht ſelten mehr.

§. 146.

Schon 500 Jahre vor Chriſti Geburt erwähnte Ariſtophanes in einer ſeiner Comödien (in den Wolken), wo Strepſiades mit Socrates redend eingeführt wird, der

Kunſt, Gläſer zu verfertigen, welche durch die Brechung der Lichtſtrahlen eine Entzündung hervorbringen. Um ſeine Schuldner los zu werden — ſagt Strepſiades — ſo wolle er mit einem Glaſe die Buchſtaben ſeiner Handſchrift ſchmelzen. Convex (erhaben) waren dieſe erſten Brenngläſer; und ſchon in den Liedern des Orpheus, die hundert Jahr älter als Ariſtophanes ſind, iſt von ſo gebildetem Cryſtall die Rede, welcher eine Entzündung bewirkt hätte. — Cryſtall war in den ältern Zeiten gewöhnlicher, als Glas, welches ſeine erſten Beſitzer, die Phönizier, ſehr rar zu machen wußten.

Zweifeln braucht man durchaus nicht mehr daran, daß ſchon damals die Erfindung gemacht war, durch Brechung der Sonnenſtrahlen in einem convexen durchſichtigen Körper Feuer hervorzubringen. Indeſſen iſt man freilich gewahr geworden, daß die Cryſtalle des Orpheus nicht die gewöhnliche linſenförmige Geſtalt hatten, wie unſere Brenngläſer ſie beſitzen, ſondern die Figur einer Kugel. Der Brennpunkt dieſer Kugel fiel nahe an ihre Oberfläche, folglich auch auf die Fläche, welche ſie unterſtützte, wenn ſie auf einer ſolchen lag. Sehr leicht konnte daher die Kugel das untergelegte Holz entzünden, wenn die Sonne auf ſie ſchien.

§. 147.

Vermuthlich ſind mit ſolchen gläſernen Kugeln, oder auch nur Kugelſegmenten, die Feuer der Veſta angezündet worden. Die Römer bedienten ſich der Brennſpiegel dazu. Plinius redet gleichfalls von gläſernen und cryſtallenen Kugeln, welche, der Sonne ausgeſetzt, eine Entzündung hervorbrach-

ten. Er bemerkt z. B., daß gläſerne Kugeln, gegen die Sonne gehalten, Kleider anzündeten, und daß manche Aerzte auf dieſelbe Weiſe cryſtallene Kugeln nähmen, um Theile des Körpers anzubrennen. Lactantius, welcher um das Jahr 303 nach Chriſti Geburt lebte, ſagte: eine mit Waſſer gefüllte gläſerne Kugel würde, wenn man ſie der Sonne ausſetzte, durch das von dem Waſſer ausſtrahlende Licht, ſelbſt in der größten Kälte, ein Feuer erregen. — Ungleich wirkſamer wurden freilich unſere Brenngläſer (§. 165.) von linſenförmiger Geſtalt, deren beide Flächen nur kleine Theile oder Segmente einer großen Kugel ausmachen.

§. 148.

Brennſpiegel, d. h. Hohlſpiegel, welche Körper vor ſich, an einer gewiſſen Stelle (dem Brennpunkte), entzünden, wenn Sonnenſtrahlen in ſie einfallen, ſoll ſchon Euclides gekannt haben, welchen man überhaupt das älteſte Buch über Optik und Katoptrik zuſchreibt. Am Ende des 31ſten Lehrſatzes redet hier Euclides von (ſphäriſchen oder kugelförmigen) Hohlſpiegeln, die mittelſt der Sonnenſtrahlen Sachen entzündet hätten, welche im Mittelpunkt der Kugel lagen. Da letzteres allerdings ein Irrthum war, weil der Brennpunkt nie im Mittelpunkte der hohlen Kugel, ſondern in der Mitte des Halbmeſſers der Kugel liegt, ſo hielt man dieſen Irrthum für einen Grund, das älteſte Buch von der Optik und Katoptrik dem Euclid abzuſprechen, oder wenigſtens anzunehmen, Euclids Buch ſey durch Zuſätze verunſtaltet worden. Wenn man aber annimmt, daß zu damaliger Zeit in den Natur-Wiſſenſchaften, ſelbſt bei den größten Männern, noch gar viele Unrichtigkeiten und falſche Er-

klärungen mit unterließen, ſo möchte jener Grund wohl ziemlich unhaltbar ſeyn.

Daß Hohlſpiegel vergrößern, erwähnen ſchon Seneca und Plinius. Nimmt man dies mit der Kenntniß der Eigenſchaft ſolcher Spiegel zum Brennen, mit der Kenntniß der brennenden und vergrößernden Eigenſchaft der erhabenen Gläſer und noch einiges andere, das ſpäter angeführt werden ſoll, zuſammen, ſo zeigt dies allerdings, daß die Alten ſich ſchon mit optiſchen Gegenſtänden beſchäftigten. Aber die Optik als Wiſſenſchaft exiſtirte bei ihnen noch nicht. Dies wurde ſie erſt gegen Ende des fünfzehnten chriſtlichen Jahrhunderts. Die Araber hatten zwar ſchon frühzeitig verſchiedene Zweige der optiſchen Wiſſenſchaften auszubilden angefangen; aber theils gingen ihre Schriften darüber verloren, theils war das übrig gebliebene doch noch ſehr unvollkommen, in Vergleich gegen den ſpätern Zuſtand dieſer Wiſſenſchaften. Der erſte arabiſche Schriftſteller in der Optik war Al Farabi ohngefähr 900 Jahre nach Chriſti Geburt; ein beſſerer ſoll hundert Jahre ſpäter Ebn Haithem geweſen ſeyn. Er ſoll in beſondern Abtheilungen die gerade fortgehenden (der Optik im engern Sinne gehörenden), die zurückgeworfenen (der Katoptrik gehörenden) und die gebrochenen (zur Dioptrik gehörenden) betrachtet haben. Aber wir beſitzen von ihren Schriften nichts mehr; deswegen können wir auch von ihrem weitern Inhalt nichts ſagen. Nur Alhazens Werke aus dem zwölften und dreizehnten Jahrhunderts haben wir kennen und ſchätzen gelernt; obgleich nach ihnen, wenigſtens bis zu Ende des fünfzehnten Jahrhunderts der Zuſtand der optiſchen Wiſſenſchaften, im ſtren-

gen Sinne, unvollkommen blieb. Eigentlich machten Katoptrik und Dioptrik erſt von Kepler an recht bedeutende Fortſchritte. Deswegen leiten Viele den wahren Urſprung jener Wiſſenſchaften erſt von dieſem großen Manne ab.

§. 149.

Sehr bekannt iſt die Behauptung mehrerer Schriftſteller, daß Archimedes ungemein große Brennſpiegel verfertigt habe, womit er in einer beträchtlichen Entfernung und ſehr ſchnell hätte Sachen in Brand ſetzen können. Mit ſolchen Brennſpiegeln ſoll er z. B. unter der Flotte des römiſchen Generals Marcellus, als dieſer Syracus belagerte, Feuer gebracht und ſie dadurch gänzlich vernichtet haben, obgleich die Schiffe einen Bogenſchuß oder etwa 200 Schritte von der Stadtmauer entfernt waren. Und nach Archimedes Beiſpiel ſoll im Jahr 514 nach Chriſti Geburt Proclus die Flotte des Vitalinus, welcher unter der Regierung des Anaſtaſius Conſtantinopel belagerte, gleichfalls mit metallenen Hohlſpiegeln verbrannt haben.

Polybius, Plutarchus und manche andere Schriftſteller, welche von der Zerſtörung der römiſchen Flotte unter Marcellus und ſelbſt Vieles von Archimedes erzählen, erwähnen nichts von der Anzündung jener Flotte durch Brennſpiegel; und der einzige ältere Schriftſteller Galenus führt blos an, daß Archimedes die Schiffe der Römer durch Feuerkugeln in Brand geſteckt habe. Dagegen wollen Schriftſteller aus den erſten chriſtlichen Jahrhunderten, welche von der Verbrennung der römiſchen Flotte reden, die Zerſtörung keinem andern Feuer, als dem durch Brennſpiegel erregten zuſchreiben. Das war der Fall mit den beiden Schrift-

ſtellern Zonaras und Tzetzes. Letzterer berief ſich dabei auf ſolche ältere Autoren, wie des Dio, des Diodorus, des Hero u. a., deren Schriften darüber gerade verloren gegangen ſind.

§. 150.

Anthemius, ein geſchickter Mathematiker und berühmter Architekt in Lydien, welcher im Jahr 530 unter dem König Juſtinian die Sophien-Kirche in Conſtantinopel bauete, ſchrieb eine kleine griechiſche Abhandlung: über Paradoxien in der Mechanik. In der Vatikaniſchen Bibliothek ſoll dieſe Abhandlung, welche Düpuy im Jahr 1777 franzöſiſch herausgab, noch jetzt vorhanden ſeyn. Ein eignes Kapitel dieſer Schrift handelt von Brennſpiegeln, und unter dieſen werden auch Archimedes Inſtrumente beſchrieben, womit er die römiſche Flotte verbrannt haben ſoll. Anthemius ſucht hier zu beweiſen, daß die Entzündung nicht anders hätte erfolgen können, als durch Reflection, und zwar meint er, Archimedes habe aus mehreren kleinern Spiegeln einen einzigen großen zuſammengeſetzt, deſſen Höhlung ziemlich ſphäriſch, wenigſtens zum kräftigen Entzünden geſchickt geweſen wäre.

In der Folge ſuchten andere, z. B. Kircher im Jahr 1646, die Größe der Archimedſchen Brennſpiegel zu erforſchen, wenn ſie möglicher Weiſe die Flotte hätten anzünden können. Wäre nun auch, nach Kirchers Abmeſſung, die Entfernung der Schiffe nicht weiter als 150 Fuß geweſen, ſo hätte der hohle ſphäriſche Spiegel doch wenigſtens einen Halbmeſſer (Halbmeſſer der hohlen Kugel) von 300 Fuß haben müſſen, wenn er auf jene Diſtanz hätte brennen ſollen.

Denn der Brennpunkt fällt ohngefähr in die Mitte des Halbmeſſers. Damals aber hatte man noch immer die irrige Meinung, er fiele in den Mittelpunkt der Kugel.

§. 151.

Die Zuſammenſetzung einer Menge kleiner ebenen Spiegel zu einer ſo ungeheuern ſphäriſchen Höhlung (§. 150.) hätte den Archimedes allerdings außerordentliche Schwierigkeiten verurſacht, obgleich ein ſolches Unternehmen an und für ſich gerade nicht unmöglich war. Denn im Jahr 1747 bildete der berühmte Graf Büffon, ohne etwas von Kirchers Experimente (§. 150.) zu wiſſen, aus 168 foliirten Planſpiegeln einen einzigen Hohlſpiegel, womit er auf eine Weite von 200 Fuß Holz anzündete. Hat er ihn ſo groß zu machen gewußt, ſo läßt es ſich ſchon denken, daß er ihn auch noch größer, z. B. ſo groß hätte machen können, wie man Archimedes Brenuſpiegel annehmen muß, wenn ſie exiſtirt haben.

Eine andere Frage, womit man Archimedes Unternehmen ernſtlich in Zweifel ziehen könnte, möchte wohl die ſeyn: ob Marcellus wohl ſo unklug geweſen wäre, ſeine Schiffe an der gefährlichen Stelle zu laſſen, wo es zu brennen anfing? Ungeſehen von den Feinden konnte Archimedes ſeine Verſuche doch auch nicht machen, und zu den Richten der Spiegel, damit er die Sonnenſtrahlen gehörig auffing und auf die verlangte Stelle hinwarf, gehörte doch auch erſt einige Zeit und Mühe!

Weil man damals noch fälſchlich annahm, der Brennpunkt befinde ſich im Mittelpunkt der Kugel, ſo machte man ſchwerlich Verſuche mit großen, und wohl nicht einmal

mit mäßig großen Spiegeln. Denn der Unterſchied zwiſchen der vorausgeſetzten Brennweite (Halbmeſſer) und der wirklich ſtatt findenden Brennweite (halben Halbmeſſer) wäre doch gar zu auffallend geweſen.

§. 152.

Viel von ſphäriſchen Halbſpiegeln redete Vitellio, welcher im dreizehnten Jahrhundert lebte; aber wenig wußte er von der Art ihrer Wirkung; nicht einmal den Brennpunkt ſolcher hohlen Kugelſpiegel konnte er angeben. Den Focus des paraboliſchen Brennſpiegels kannte er viel beſſer. Denn er zeigte, daß Strahlen, welche parallel mit der Axe auf die hohle Fläche des Spiegels fallen, nach der Zurückwerfung von dieſer Fläche insgeſammt durch den Punkt gehen, der um den vierten Theil des Parameters von der paraboliſchen Krümmung entfernt iſt.

Auch Roger Baco, welcher gleichfalls im dreizehnten Jahrhundert lebte, kannte den Brennpunkt der Parabel beſſer, als den Brennpunkt der Kugel; ſowie Johann Baptiſt Porta, welcher um die Mitte des ſechszehnten Jahrhunderts die Parabel als die beſte Geſtalt zu Brennſpiegeln empfahl, anfangs nicht wußte, wo der Brennpunkt des ſphäriſchen Spiegels hinfällt. Später entdeckte er den Satz, daß die Brennweite bei hohlen Kugelſpielgeln der Hälfte des Halbmeſſers gleich iſt. Cardan hatte den Vorſchlag gethan, einen Brennſpiegel zu machen, der auf 1000 Schritte brenne. In dieſer Abſicht ſolle man, wie er ſagt, einen Kreis beſchreiben, der 2000 Schritte im Durchmeſſer habe; davon ſolle man einen Bogen nehmen, der merklich krumm wäre, etwa den 60ſten Theil des ganzen Kreiſes enthielte,

und nun ſolle man darnach ein hohles Kugelſtück bilden. Porta hält ſich über einen ſo großen Spiegel gewaltig auf und meint, Cardan hätte kein Mittel angeben können, einen Kreis zu beſchreiben, der 2000 Schritte im Durchmeſſer habe. Daß aber ein ſolcher Kugelſpiegel von 2000 Schritten im Durchmeſſer nur auf 500 Schritte brennen könne, rügte Porta nicht, folglich ſetzte er noch den Brennpunkt des ſphäriſchen Spiegels in den Mittelpunkt der Kugel, wovon der Hohlſpiegel ein Stück ausmacht. — Porta war übrigens ein ſehr geſchickter Optiker; ſchon in ſeinem zwanzigſten Lebensjahre hatte er ſeine natürliche Magie geſchrieben. Deswegen war er auch ſchon ſehr jung als Zauberer ausgeſchrieen.

§. 153.

Sieht man nun auch die große Entzündungsgeſchichte mit Archimed's Brennſpiegeln als ein Mährchen an, ſo darf man doch an dem Daſeyn der Brennſpiegel zu jener Zeit ſelbſt nicht zweifeln, ihre Wirkung mag groß oder geringe geweſen ſeyn. Und wenn auch manche behaupten wollen, die Höhlung der alten Brennſpiegel ſey wahrſcheinlich nicht ſphäriſch, ſondern paraboliſch geweſen, weil damals (Abthl. I. §. 70 f.) ſchon die Kegelſchnitte exiſtirten, und weil die Künſtler und Gelehrten der folgenden Zeit, bis über das ſechszehnte Jahrhundert hin, den Brennpunkt der paraboliſchen Spiegel richtiger anzugeben wußten, als den Brennpunkt der ſphäriſchen Spiegel, ſo möchte doch wohl daran zu zweifeln ſeyn. Denn viel ſchwerer iſt die Conſtruction einer paraboliſchen Höhlung, als einer kugelartigen, nach einem Kreiſe leicht zu bildenden; die Alten hatten die Mittel, wie

wir ſie jetzt beſitzen, noch nicht, um den Spiegeln die paraboliſche Geſtalt zu geben. Und weil die Brennweite ſolcher paraboliſchen Spiegel ſehr gering iſt, ſo hätte die hohle paraboliſche Fläche ſolcher Spiegel, womit Archimedes bis auf 300 Fuß hätte Sachen entzünden wollen, ungeheuer groß ſeyn müſſen.

Der im zwölften Jahrhundert in Spanien lebende Araber Alhazen, welcher ein berühmtes optiſches Werk ſchrieb, das der Pole Vitellio im Jahr 1270 zuerſt bekannt machte, handelt in dieſem Werke auch von ſphäriſchen Hohlſpiegeln. Man glaubt, daß Alhazen bei dieſem Werke die verloren gegangene Optik des Ptolemäus zum Grunde gelegt habe. Jener Vitellio ſchrieb in Italien, wo er ſich lange Zeit aufhielt, eine eigne Optik, welche Regiomontan handſchriftlich nach Nürnberg brachte. Hier beſorgte Peter Apian im Jahr 1535 die erſte gedruckte Ausgabe. Im Jahr 1572 gab Friedrich Reisner daſſelbe Werk zu Baſel, vermehrt und verbeſſert, in Verbindung mit Alhazen's Optik heraus. Johann Kepler fügte im Jahr 1604 noch manches Neue hinzu.

§. 154.

Im ſechszehnten Jahrhundert gab ſich Anathaſius Kircher viele Mühe, ſowohl ſphäriſche als paraboliſche Hohlſpiegel zu verfertigen. Georg Hartmann, der in demſelben Jahrhundert manche Erſcheinungen aus der Wirkung von Hohlſpiegeln erklärte, beſchäftigte ſich beſonders viel mit der Bearbeitung von hohlen Kugelſpiegeln.

Im ſiebzehnten Jahrhundert gab man ſich noch mehr mit der Verfertigung von ſphäriſchen Hohlſpiegeln ab, ſelbſt

mit ſolchen, die eine bedeutende Größe hatten. Unter andern brachte Maurolycus ziemlich gute ſphäriſche Hohlſpiegel zum Vorſchein. Den größten Brennſpiegel aber, welcher vor der Mitte des ſiebzehnten Jahrhunderts verfertigt worden war, hatte der Profeſſor der Mathematik zu Bologna Maginus. Er war 20 Zoll breit. Später hatte Septala, Canonikus zu Mailand, einen noch größern, nämlich einen ſolchen von 3½ Fuß Breite und 15 Schritten Brennweite.

§. 155.

Um dieſelbe Zeit machte Villette, ein Künſtler zu Lyon, Brennſpiegel von vorzüglicher Wirkſamkeit. Mit einem ſolchen Spiegel von 30 Zoll Breite und 3 Fuß Brennweite konnte er in wenigen Minuten die ſtrengflüſſigſten Metalle ſchmelzen, ſelbſt Steine und Erde verglaſen. Der König Ludwig XIV. kaufte dieſen Spiegel. Einen andern von demſelben Künſtler verfertigten Brennſpiegel, der 44 Zoll breit war und eine noch größere Brennweite hatte, wie jener, erhielt der damalige Landgraf von Heſſen-Caſſel.

Einen noch größern und wirkſameren Brennſpiegel machte der bekannte ſächſiſche Edelmann von Tſchirnhauſen um das Jahr 1687. Die Breite dieſes Brennſpiegels betrug 4½ Pariſer Fuß, und die Brennweite 12 Fuß. Er war aus einer nur zwei Meſſerrücken dicken kupfernen Platte geſchlagen und konnte daher leicht von einem Orte zum andern gebracht werden. Seine Politur war ſehr gut. In einem Augenblicke zündete er feuchtes Holz mit einer ſo ſtarken Flamme, daß dieſe nicht einmal von einem Sturmwinde ausgelöſcht werden konnte. Das Waſſer machte er in einer

kurzer Zeit ſiedend und verdunſtend. Drei Zoll dickes Zinn und Blei ſchmolz er augenblicklich und eben ſo durchlöcherte er Eiſenblech. Ein harter ſächſiſcher Thaler bekam in 5 bis 6 Minuten ein Loch; und außerordentlich bald verglaſete er Steine, Ziegel und ähnliche Körper. Auch das Licht des Mondes fing Tſchirnhauſen mit ſeinem Spiegel auf; er fand aber, daß es keine Wärme zeigte. — Paraboliſche Brennſpiegel, die ſich beſonders durch eine ſchnelle Wirkung auszeichneten, machte Höſe in Dresden nach der Mitte des achtzehnten Jahrhunderts (§. 158).

§. 156.

Allerdings mußten, unter gleichen übrigen Umſtänden, metallene inwendig gut polirte Brennſpiegel die beſten ſeyn. Man hat ſie auch aus Glas, hinten mit einem unburchſichtigen Belege, recht hübſch ſphäriſch verfertigt. Gärtner, ein geſchickter Künſtler in Dresden, machte vor der Mitte des achtzehnten Jahrhunderts auch hölzerne inwendig vergoldete Brennſpiegel; ſogar hatte ein gewiſſer Naumann Brennſpiegel aus Pappe, inwendig mit Stroh glatt überzogen, verfertigt.

Büffons ſehr große Brennſpiegel aus ebenen Spiegelgläſern (§. 151.) zuſammengeſetzt, bleiben immer merkwürdig. In der letzten Hälfte des achtzehnten Jahrhunderts machte ſich Zeiher durch ſeine Bemühungen bekannt, die ſphäriſchen Brennſpiegel zu vervollkommnen. In den neueſten Zeiten, wo man die ſphäriſchen Hohlſpiegel zu manchen Zwecken anwandte, wozu man ſie ſonſt nicht gebrauchte, z. B. zu allerlei phyſikaliſchen Experimenten (unter andern auch zu Geiſtererſcheinungen), zu Reverberen von Lam-

pen und Laternen ꝛc. iſt dies noch beſſer gelungen. Unter andern macht man ſchon ſeit mehreren Jahren für den zuletzt genannten Zweck ſilberplattirte ſehr ſchön polirte Hohlſpiegel.

Wenn Strahlen, die parallel in den Hohlſpiegel einfallen (wie die Sonnenſtrahlen), nach geſchehener Zurückwerfung in dem Brennpunkte zuſammenkommen, oder gleichſam ſich ſammeln, ſo müſſen umgekehrt, Strahlen von einem im Brennpunkte befindlichen leuchtenden Körper, wenn ſie in den Spiegel eingefallen ſind, nach geſchehener Reflection parallel fortgehen, folglich ſich nicht zerſtreuen (nicht divergiren oder auseinanfahren), wie es bei den von den leuchtenden Körpern hinwegſtrömenden der Fall iſt, deren Strahlen nicht ſo, wie dort von dem Hohlſpiegel, aufgefangen und zurückgeworfen werden. Darauf beruht eben die erſt in den neuern Zeiten benutzte Eigenſchaft der Hohlſpiegel zu Lampen- oder Laternen-Reflectoren (Reverberen).

§. 157.

Ehe die Spiegelteleſkope (§. 179 f.) erfunden wurden, bekümmerte man ſich wenig darum, parabolische Hohlſpiegel zu verfertigen. Während parallel in einen ſphäriſchen Hohlſpiegel einfallende Lichtſtrahlen (z. B. Sonnenſtrahlen) nach geſchehener Reflection nicht genau in einen einzigen Punkt verdichtet werden oder keinen wirklichen Brenn-Punkt, ſondern einen Brenn-Raum haben, weil die hohle Kugelform nur eine ſolche Zurückwerfung erlaubt; ſo werden im Gegentheil parallel in einen paraboliſchen Hohlſpiegel einfallende Strahlen, nach erfolgter Zurückwerfung, in einen wirklichen Brenn-Punkt zuſammengebracht.

So concentrirt müſſen ſie wohl eine ſtärkere Wirkung zum Brennen haben, als wenn ſie in einen größern Raum vertheilt wären. Aber nicht blos zum Brennen allein, ſondern auch zu andern Zwecken, z. B. zu Reverberen, zur Darſtellung von Bildern ꝛc. mußten paraboliſche Hohlſpiegel vollkommener, als ſphäriſche ſeyn.

Im ſechszehnten Jahrhundert gaben ſich blos Orontius Finäus, im ſiebzehnten Merſenne und Kircher manche Mühe, paraboliſche Hohlſpiegel hervorzubringen. Auch Albrecht Dürer hatte Regeln gegeben, Brennſpiegel nach der Parabel zu conſtruiren; und Franciſcus Tertius de Lanis that den Vorſchlag, paraboliſche Brennſpiegel bei chemiſchen Operationen anzuwenden.

§. 158.

Bald nach der Mitte des achtzehnten Jahrhunderts gab ſich der Dresdner Künſtler Höſe (§. 155) außerordentlich viele Mühe, paraboliſche Brennſpiegel von beträchtlicher Größe zu verfertigen. Er ſetzte ſie ſehr genau aus platten meſſingenen Blechtafeln zuſammen, die er hernach in ihrer hohlen Fläche noch möglichſt polirte. So übertraf ihre Wirkung in der That diejenige der Brennſpiegel des Tſchirnhauſen ſehr merklich.

Als man nach Erfindung der Spiegelteleſkope (§. 179 f.) gefunden hatte, daß die gewöhnlichen ſphäriſchen Hohlſpiegel wegen Abweichung der Lichtſtrahlen in der kugelförmigen Höhlung und der dadurch entſtehenden falſchen Bilder (Nebenbilder) nicht gut zu gebrauchen waren, ſo verſuchte man es, ſtatt ihrer, paraboliſche Hohlſpiegel anzuwenden. Dem Schottländer Gregory, welcher im Jahr 1663 ſein

Spiegelteleſkop erfand, wurde es ſehr ſchwer, die rechte parabolische Krümmung herauszubringen. Deswegen behielten auch Newton und Halley bei ihren Teleſkopen die ſphäriſche Höhlung bei. Dem Engländer Short gelang es vor der Mitte des achtzehnten Jahrhunderts, die Spiegel parabolisch zu machen. Keine Regeln wandte dieſer Künſtler dabei an, ſondern nur durch mühſame Verſuche brachte er die richtige Höhlung heraus.

§. 159.

Nach der Mitte des achtzehnten Jahrhunderts brachte es Shorts Landsmann Mudge noch weiter in der Verfertigung paraboliſcher Hohlſpiegel. Dieſer geſchickte Mann ertheilte auch ganz zweckmäßige Vorſchriften zur Conſtruction der paraboliſchen Spiegel. Er gab unter andern den Rath, den Spiegel erſt ſphäriſch zu bilden, und ihm die veränderte paraboliſche Geſtalt erſt beim Schleifen und Poliren zu geben.

Unter allen damaligen und nachfolgenden Künſtlern brachte es in der Verfertigung ſehr großer paraboliſcher Hohlſpiegel Niemand weiter als der Hannoveraner Herſchel in England. Die Fläche ſeiner Spiegel iſt ſo vollkommen paraboliſch, daß dieſe zu den Teleſkopen ohne die geringſte Blendung gebraucht werden können. Schröter in Lilienthal und Schrader in Kiel waren ebenfalls ſo glücklich gute paraboliſche Spiegel zu Stande zu bringen (§. 157.)

§. 160.

Die Alten kannten nur ſolche Brenngläſer, welche aus durchſichtigen (gläſernen) Kugeln und Kugelſegmenten beſtanden. Dieſe mußten nahe an die Sachen gebracht wer=

den, welche man entzünden wollte (§. 146). Durch die Brechung an der vordern und hintern Fläche des durchſichtigen Körpers wurden die herausfahrenden Sonnenſtrahlen ſo in einem Punkte zuſammengebracht, daß ſie daſelbſt brennen mußten.

Es ſind nur unvollſtändige Nachrichten auf uns gekommen, daß die Alten die Eigenſchaft der Vergrößerung ſolcher kugelartiger durchſichtiger Körper gleichfalls gekannt haben. So ſagt Seneca, daß kleine und dunkle Buchſtaben durch eine gläſerne mit Waſſer gefüllte Kugel größer und heller ausſehen; auch daß Aepfel, die in einem ſolchen Gefäße liegen, weit ſchöner wie ſonſt erſcheinen. Ferner ſollen ſich die alten Steinſchneider gläſerner mit Waſſer gefüllter Kugeln bedient haben, um die Figuren zu vergrößern und feiner arbeiten zu können. Diejenigen noch in manchen Naturalien-Kabineten befindlichen kugel- und linſenförmigen Steine aus Bergcryſtall, welche von den Druiden herrühren, müſſen doch wohl die vergrößernde Kraft gezeigt haben, wenn ſie auch nicht beſonders zu dieſem Zweck und zum Brennen verfertigt worden ſind. Die erſte deutliche Spur von dem Gebrauch der Vergrößerung kugelartiger Gläſer findet man im zwölften Jahrhundert beim Araber Alhazen. Aber erſt am Ende des dreizehnten Jahrhunderts ſind die eigentlichen linſenförmigen Gläſer, Lupen oder Brillen erfunden worden.

§. 161.

Die erſte Nachricht von ſolchen Augengläſern verdanken wir dem Roger Baco, welcher am Ende des dreizehnten Jahrhunderts lebte; er erzählt, daß erhabene Glaslinſen um

das Ende des dreizehnten Jahrhunderts bekannt geworden waren. So meldet auch Pater Rivalto in einer Sammlung von Predigten, die er im Jahr 1305 abfaßte, „es ſey noch nicht zwanzig Jahre, daß man die Augengläſer, eine der beſten und wohlthätigſten Erfindungen, zu verfertigen angefangen habe.“ Und nach einer lateiniſchen geſchriebenen Chronik in der Bibliothek der Predigermönche von St. Catharina zu Piſa hat der Pater Alexander zu Piſa in den erſten Jahren des vierzehnten Jahrhunderts ſich ſelbſt mit der Verfertigung der Augengläſer beſchäftigt. Um dieſelbe Zeit ſchlugen auch ſchon Aerzte Brillen für diejenigen Perſonen vor, welche nicht gut ſehen konnten.

§. 162.

Ums Jahr 1613 hatte Maurolycus manche weſentliche Verbeſſerung mit den Augengläſern vorgenommen. Derſelbe verdienſtvolle Gelehrte zeigte auch zuerſt deutlich, daß die Strahlen durch die Brechung in einem convexen Glaſe enger zuſammen kommen (convergiren), in einem concaven aber weiter auseinander fahren (divergiren), ſobald ſie das Glas verlaſſen haben; und daß jene für weitſichtige, dieſe für kurzſichtige Augen brauchbar ſind. Eben ſo zeigte er, wie Sonnenſtrahlen, die durch ein convexes Glas gehen, ſich darin brechen und hinter demſeben in einem Punkte ſich vereinigen, wo ſie dann Körper in Brand ſetzen können. Auch erzählt er, die Verfertiger der Augengläſer (die Glasſchleifer) hätten ſonſt die Jahre des Alters, für welches ein Glas dient, mit angemerkt, jetzt aber werde dies meiſtens vernachläſſigt. Bei der Bemerkung, daß erhabene

Gläſer zünden, äußert er zugleich die Vermuthung, daß auf eben die Art Prometheus den Göttern das Feuer möge abgeſtohlen haben, wenn er dazu nicht etwa einen Hohlſpiegel gebraucht hätte. Endlich meint er auch, ſo wie die Parabel Strahlen in einen Punkt reflectire, eben ſo könne man vielleicht einen durchſichtigen Körper bilden, der alle Strahlen in einem Punkte breche. Indeſſen haben die Bemühungen mehrerer Männer, paraboliſche Gläſer zu machen, keinen günſtigen Erfolg gehabt, wie dies z. B. bei Descartes Freunde und Zeitgenoſſen Mydorge im Jahr 1627 der Fall war, und der, als er auch die Verfertigung elliptiſcher Linſengläſer vergebens verſucht hatte, wieder zu ſphäriſchen Linſen zurückkehrte.

§. 163.

Dadurch, daß Hook im Jahr 1666, Hertel 1716, Leutmann 1728, Imkins 1741, Burrow 1771, Dieck 1792, Kunze 1796, Toffoli 1795 und einige andere die Schleifmaſchinen oder Vorrichtungen zum Schleifen der Linſengläſer verbeſſerten, wurden auch die Linſen ſelbſt vervollkommnet. Zwei Italiener, Euſtachio de Divinis zu Rom und Campani zu Bologna, waren längſt in Schleifung der Gläſer berühmt. Huyghens, der nicht blos theoretiſcher Mechaniker, ſondern auch geübter Handarbeiter war, ertheilte über das Schleifen der Gläſer einen ſehr belehrenden gründlichen Unterricht. In den neueſten Zeiten erfand der Engländer Wollaſton die ſogenannten periſkopiſchen Brillen oder diejenigen, womit man nicht blos gerade aus, ſondern auch rund um ſich herum gleich gut ſehen kann (§. 245). Dieſelben Brillen verfertigten bald

nachher John und Peter Dollond in einer noch grö-
ßern Vollkommenheit.

§. 164.

Eine einfache, möglichſt ſtark vergrößernde doppelt con-
vexe Glaslinſe von kurzer Brennweite wird einfaches Mi-
kroſkop genannt. Ein ſolches Vergrößerungsglas dient
zur Betrachtung naher Gegenſtände von ſehr kleinen Dimen-
ſionen. Das wurde wohl ſchon lange anerkannt, aber erſt
ſpäterhin wurden ſolche Gläſer von Naturhiſtorikern und
Künſtlern (Uhrmachern, Juwelirern, Miniaturmalern ꝛc.) zur
Betrachtung ſehr kleiner Sachen benutzt. Als Weber-
glas wurde es, zuerſt von England aus, auch zur Beur-
theilung der Gleichförmigkeit eines geſponnenen Fadens und
eines feinen Gewebes gebraucht. — Selbſt ein Tropfen cry-
ſtallhelles Waſſer, die Cryſtalllinſe aus dem Auge eines Fi-
ſches u. dgl. konnte zu ähnlichem Zwecke angewendet werden
(§. 188 f.).

§. 165.

Bis gegen das Ende des ſiebzehnten Jahrhunderts waren
die Brenngläſer, welche man verfertigte, von keiner gro-
ßen Wirkung. Man begnügte ſich mit convexen Linſen, die
im Stande waren, durch Vereinigung der Sonnenſtrahlen
leicht entzündliche Materien, wie Zunder, Papier, Stroh,
dürres Holz u. dgl. in Brand zu ſetzen. Zu größeren Wir-
kungen gebrauchte man lieber Brennſpiegel, weil dieſe leich-
ter in die hohle Form, als ein großes Stück Glas in die
linſenförmig erhabene, gebracht werden konnten. Nun aber
trat am Ende des ſiebzehnten Jahrhunderts der (aus §. 155.
bekannte) von Tſchirnhauſen auf, und legte in der

Oberlauſitz mit großem Koſten=Aufwande eine Glasſchleif=mühle zu großen Brenngläſern an. Wirklich brachte er auf derſelben Linſengläſer zum Vorſchein, die zum Bewundern ſchnell und leicht zündeten. Das härteſte, ſelbſt mit Waſſer angefeuchtete Holz wurde augenblicklich in Brand geſetzt, Waſ=ſer in kleinen Gefäßen wurde ſogleich in's Sieden gebracht, und in kurzer Zeit ſchmolzen Metalle, wurden durchlöchert ꝛc.

Der Herzog von Orleans ließ zu Anfange des acht=zehnten Jahrhunderts ſolche Tſchirnhauſiſche Brenngläſer kom=men und machte große Verſuche damit. Hartſoecker trat, was die Verfertigung recht wirkſamer Brenngläſer betraf, in Tſchirnhauſens Fußſtapfen. Er brachte aus maſſivem Glaſe große Brenngläſer zum Vorſchein, deren Wirkung ſehr be=deutend war. Bernieres zu Paris verfertigte im Jahr 1774 ein beſonders eingerichtetes Brennglas Es beſtand aus zwei an einander geſetzten, den flachen Uhrgläſern ähnlichen Hohlgläſern. Der dadurch erhaltene, mit Weingeiſt oder mit Terpentinöhl angefüllte linſenförmige Raum hatte 4 Fuß im Durchſchnitt und war in der Mitte 6 Zoll 5 Linien dick. Die Wirkung dieſes Brennglaſes war außerordentlich groß.

Mit ſolchen ungemein wirkſamen Brenngläſrrn, wie die Tſchirhauſiſchen, Hartſöckerſchen, Berniere'ſchen u. a. haben die neuern Phyſiker, z. B. Briſſon, Macquer, Ca=det, Lavoiſier u. a. merkwürdige Verſuche angeſtellt; ſie haben damit unter andern die ſtrengflüſſigſten Metalle und Steine, welche dem allerheftigſten Ofenfeuer widerſtehen (wie Platina, den Diamant ꝛc.) in kurzer Zeit geſchmolzen, oder ganz verflüchtigt.

§. 166.

Die allerwichtigſte Anwendung von Linſengläſern und Spiegeln, beſonders von den erſtern, ſehen wir bei den Fernröhren oder bei denjenigen Inſtrumenten, vermöge welchen wir entfernte Gegenſtände deutlich und vergrößert, oft viele hundert= ja mehrere tauſendmal vergrößert erblicken. Unbeſchreiblich iſt der Nutzen, den die Fernröhre auf dem Lande und zur See gewähren. Wie ſehr zurück würde nicht die Aſtronomie ſeyn, wenn es in den letzten Jahrhunderten keine Fernröhre gegeben hätte!

Ordentliche Fernröhre, aus mehreren in ein Rohr eingeſchloſſenen Linſengläſern beſtehend, gab es wahrſcheinlich vor dem Ende des ſechszehnten Jahrhunderts noch nicht. Zwar redet der Benediktiner Mabillon von einem Fernrohre aus der Mitte des dreizehnten Jahrhunderts. Aber das war vermuthlich nur ein Rohr ohne Gläſer zum Deutlicher-Sehen, wie man es damals und ſpäter öfters gebrauchte, um das Licht von der Seite her abzuhalten. Das Sehen durch die hohle Hand, was dem Menſchen angeboren zu ſeyn ſcheint, wenn er einen entfernten Gegenſtand deutlicher ſehen will, hat wahrſcheinlich zu ſolchen Röhren ohne Gläſer Anlaß gegeben. Eben ſo wenig hat auch wohl Roger Bako ſchon am Ende des dreizehnten Jahrhunderts ein ordentliches Fernrohr gehabt, obgleich er ſchon von Vergrößerung entfernter Gegenſtände redet. Ohnſtreitig ſind dies bloße Gedanken oder Spiele der Phantaſie geweſen, woran er bekanntlich reich war. Robert Smith, Klügel und andere gelehrte Männer der neuern Zeit haben es deutlich bewieſen, daß Bako von wirklichen Fernröhren noch nichts gewußt hat.

§. 167.

Schon eher könnte man den Neapolitaner Johann Baptiſt Porta, welcher ſich überhaupt und ſchon als Jüngling (§. 152.) um die Optik viel Verdienſt erwarb, für den Erfinder dieſer wichtigen Inſtrumente halten. Daß er es, um die Mitte des ſechszehnten Jahrhunderts, wirklich geweſen ſey, wollen Huyghens, Hook, Wolff u. a. aus einer gewiſſen Stelle ſeiner natürlichen Magie ſchließen, wo er von der Vereinigung eines concaven und converen Gläſes redet, wodurch entfernte Sachen deutlicher dargeſtellt werden ſollten. Vermuthlich hat Porta jene beiden Gläſer nur hinter einander gehalten, um dadurch ihre gemeinſchaftliche Brennweite ſo zu verändern, daß ſie dem Auge Gegenſtände in gewiſſen Entfernungen deutlicher darzuſtellen vermochten. Hätte Porta ein wirkliches Fernrohr zu Stande gebracht, ſo würde er bei der großen Eitelkeit, wovon ſeine Schriften Beweiſe genug geben, ſeine Erfindung gewiß mit großen Lobeserhebungen beſchrieben haben.

So viel iſt aber ausgemacht, daß durch jenen Verſuch des Porta mit den beiden Gläſern und durch die wahrſcheinlich von ihm, um's Jahr 1560, erfundene Zauberlaterne der Erfindung des Fernrohrs ſehr vorgearbeitet worden war. Sie iſt wahrſcheinlich in den letzten Jahren des ſechszehnten Jahrhunderts in Holland zum Vorſchein gekommen.

§. 168.

Der Mailänder Hieronymus Sirturus erzählt in einem Buche vom Jahr 1618 (Telescopium genannt), folgendes über die Erfindung des Fernrohrs: „Als er auf ſeinen Reiſen durch Holland im Jahr 1609 gerade bei einem

Brillenmacher Lippersheim (eigentlich Hans Laprey) geweſen, ſey zu dieſem ein Unbekannter, dem Anſchein nach ein Holländer, gekommen, der ſich einige hohle und erhabene Gläſer habe ſchleifen laſſen, um dieſe abzuholen. Er habe ein hohles und ein erhabenes Glas in einer gewiſſen Entfernung gegen einander gehalten, um entweder den Vereinigungspunkt oder des Künſtlers Arbeit zu unterſuchen. Nachdem er weggegangen war, habe der Künſtler mit den Gläſern dieſelben Verſuche angeſtellt, und da ſey er darauf verfallen, die Gläſer in ein Rohr zu ſetzen. Das erſte ſo zu Stande gebrachte Fernrohr habe er dem Prinzen Moritz von Naſſau gegeben, der es im Kriege ſehr brauchbar fand, aber auch ſehr geheim damit umging. Erſt als die Erfindung bekannter wurde, belohnte dieſer Fürſt den Künſtler ſehr reichlich; kein Fernrohr gerieth aber beſſer, als das erſte. Im Mai deſſelben Jahres eilte ein Franzoſe nach Mailand, welcher ſolche Fernröhre (Teleſkope) dem Grafen von Fuentes brachte. Dieſer Franzoſe gab ſich für einen Geſellſchafter des holländiſchen Verfertigers aus. Ein Silberarbeiter mußte dem Grafen eine ſilberne Röhre um das Inſtrument machen."

§. 169.

So wahrſcheinlich dieſe Erzählung auch klingt, und ſo ſehr man es allenfalls auch zugeben kann, daß Lippersheim Fernröhre zu Stande brachte, die damals noch wenig bekannt waren, ſo wenig iſt dieſer doch der eigentliche Erfinder geweſen. Descartes gab einen Holländer, Jacob Metius aus Alkmar, als den Erfinder des Fernrohrs an. Dieſer Metius war ein Sohn des berühmten Geometers

Adrian Metius. Er fand ein großes Vergnügen an der Verfertigung der Brenngläſer und Brennſpiegel, und da er einen ziemlichen Vorrath von Gläſern hatte, ſo ſoll er einſt auf den Einfall gekommen ſeyn, zwei Gläſer hinter einander zu ſtellen und dann hindurchzuſehen. Indem er ein erhabenes und ein hohles Glas mit einander verband, ſo brachte er, wie es hieß, durch ihre Verbindung ein Fernrohr zu Stande.

Die allermeiſte Wahrſcheinlichkeit hat die Erzählung des Borellus, welcher die Ehre der Fernrohr-Erfindung dem Zacharias Janſen, einem Brillenmacher zu Middelburg, zuſchreibt. Dieſer verfertigte das erſte Teleſkop im Jahr 1590. Die gerichtlichen Ausſagen ſeines Sohnes Johann, welcher ſelbſt ein Fernrohr dem Prinzen Moritz überreichte, beſtätigen dies. Derſelbe Sohn ſah mit dieſem Fernrohre zuerſt die Jupiters-Trabanten. Und ſo fallen hiermit auch die Anſprüche des Italieners Fontana und des Engländers Diggs auf dieſelbe Erfindung hinweg. Uebrigens brauchte man ſich eben nicht zu verwundern, wenn mehrere Männer faſt zu einerley Zeit auf einerley Erfindung gekommen wären, oder auch wenn ſie, ohne ſchon vorhandene Fernröhre geſehen zu haben, auch dergleichen aus eigner Kraft hervorbrachten. So ahmte z. B. der Brillenmacher zu Middelburg Hans Laprey (§. 168.) die Erfindung des Janſen nach, und verfertigte in den Jahren 1600 bis 1610 mehrere Fernröhre, ſowie der bekannte Thermometer-Erfinder Cornelius Drebbel zu Alkmar.

§. 170.

Im Jahr 1608 war der Gebrauch der Fernröhre nicht

gar zu ſelten mehr. Das bezeugt unter andern der geſchickte Mathematiker Simon Marius in ſeinem 1614 zu Nürnberg gedruckten Buche (Mundus jovialis). Der Anſpach'ſche geheime Rath Fuchs von Bimbach hatte in den Niederlanden ein Fernrohr geſehen, das ihm ſehr wohl gefiel; weil es aber zu theuer war, ſo kaufte er es nicht. Indeſſen merkte er ſich die Einrichtung deſſelben und gab dem Marius Nachricht davon. Dieſer ſtellte mit einem hohlen und einem erhabenen Glaſe die Probe an, und wirklich ſah er, wie ſchön dadurch das Bild einer entfernten Sache dem Auge näher gebracht wurde. Doch fand er, daß die Convexität des einen Glaſes zu groß war. Deswegen drückte er eine Form in Gyps ab, nach welcher die Künſtler in Nürnberg erhabene Gläſer von größerer Brennweite ihm verfertigen ſollten. Die Künſtler waren aber nicht vermögend, dies zu Stande zu bringen. Endlich erhielt von Bimbach im Jahr 1609 ein Fernrohr aus Holland, mit welchem Marius Beobachtungen am Himmel anſtellte. Bald darauf kam auch von Venedig ein Teleſkop an, welches noch viel beſſer war. Johann Baptiſt Lenccio, der in den Niederlanden geweſen war, hatte die ſchön geſchliffenen Gläſer dazu verfertigt und ſie in eine hölzerne Röhre geſetzt.

§. 171.

Der berühmte Galilei hatte im Jahr 1609 kaum von des Janſen Erfindung, und zwar durch einen Deutſchen, Nachricht erhalten, als er auch ſchon durch Zuſammenſetzung zweier Gläſer, eines erhabenen und eines hohlen, gleichfalls, und zwar ganz ohne weitere Anweiſung ein Fernrohr zu Stande brachte. Eine bleyerne Röhre umſchloß die Gläſer. Man nannte die-

ſes Fernrohr, dem Galilei zu Ehren, Galileiſches Fernrohr, obgleich es ſonſt auch wohl Holländiſches Fernrohr genannt wurde. An dem Monde, an den Jupiterstrabanten, an den Venusgeſtalten, an dem Ringe des Saturns, an den Sonnenflecken, an den ſonſt unſichtbaren Fixſternen ꝛc. machte Galilei mit ſeinem Fernrohre manche wichtige Entdeckung. Deswegen erhielt er auch den Zunamen Lynceus. Etwa 29 Jahr lang beobachtete er mit jenem Fernrohre den Himmel ſehr fleißig und wurde darüber zuletzt ganz blind.

Der Fürſt Ceſi, Stifter der römiſchen Akademie de Lincei zu Rom, welcher nach Galilei's Anweiſung auch ein Fernrohr verfertigte, nannte es auf Angeben des vortrefflichen Gräciſten Johannes Demiſcianus Telescopium. Heutiges Tages wird dies Fernrohr gewöhnlich nur zu Taſchenperſpektiven gebraucht.

§. 172.

Von Galilei lernte Europa die Kunſt, vollkommene Fernröhre zu machen und ſie mit beſonderm Nutzen auf die Aſtronomie anzuwenden. Kepler trat mit hohem Ruhm in Galilei's Fußſtapfen. Vornehmlich war er der erſte, welcher deutlich die Wirkung der Linſengläſer erklärte, wie ſie Strahlen ſammlen oder zerſtreuen. Die Regel für den Brennpunkt ungleich erhabener Gläſer hatte zwar Cavaleri erfunden; aber Kepler lehrte zuerſt, daß der Vereinigungspunkt der von einem Punkte ausfahrenden Strahlen, wenn dieſer in der doppelten Brennweite ſich befindet, eben ſo weit hinter dem Glaſe liegt. Spätere Schriftſteller fanden dieſe Weite für jede Entfernung des leuchtenden Punkts.

Kepler erfand auch das aſtronomiſche Fernrohr

oder dasjenige mit zwei Convergläſern. Durch daſſelbe wurden die Gegenſtände deutlicher und größer, obgleich verkehrt geſehen. In ſeiner Dioptrik zeigte er ſehr gut die Wirkung und die Vortheile dieſes Fernrohrs. Das Verkehrtſehen hatte bei Himmels-Beobachtungen gar keinen üblen Erfolg. Auch ein Tubus mit einem convexen und einem concaven Glaſe, wovon erſteres vor das Auge kam, alſo Okularglas war, letzteres nach dem Gegenſtande hin gerichtet wurde, folglich Objektivglas war, hatte Kepler angegeben. Wäre dieſer große Mann zugleich Künſtler geweſen, oder hätten ihm geſchickte Künſtler zu Gebote geſtanden, ſo würde die Anwendung ſeiner vortrefflichen Theorie noch viel glücklichere Folgen für die optiſche und aſtronomiſche Wiſſenſchaft gehabt haben.

§. 173.

Nach Kepler nahm Chriſtoph Scheiner vor dem Jahr 1630 manche Verbeſſerungen mit den Fernröhren vor. Er machte auch ein beſonderes Fernrohr mit zwei convexen Augengläſern, wozu ihm Kepler die Idee an die Hand gegeben hatte. Anton Maria de Rheita kam wenige Jahre nachher auf die Einrichtung des Fernrohrs mit drei Augengläſern, wovon man zwei, die nach der Mitte des Rohrs zu liegen, gewöhnlich Collectivgläſer nennt. So erfand er das eigentliche Erdrohr, welches die Gegenſtände nicht mehr verkehrt zeigt, und deswegen hauptſächlich zu Beobachtungen der auf der Erde befindlichen Gegenſtände bequem iſt. Ebenderſelbe Rheita erfand auch das Binokular-Teleſkop (§. 178.)

Der Engländer Neille und der Franzoſe Borel machten ſich vornehmlich durch die Verfertigung ſehr langer, ſtark

vergrößernder Fernröhre bekannt. Solche Fernröhre waren zuerſt in der Mitte des ſiebzehnten Jahrhunderts zum Vorſchein gekommen. Aber ſo lange Fernröhre waren beim Beobachten ſehr unbequem. Deswegen ſchlug Hartſoecker vor, die Röhre ganz wegzulaſſen und das Objektivglas in freier Luft, etwa an der Spitze eines Baums, einer Mauer ꝛc. zu befeſtigen. Huyghens verbeſſerte dieſe Luftfernröhre dadurch, daß er das Objektivglas in eine kurze Röhre faßte, und ſo an eine lange Stange feſt machte. Die Röhre konnte er mittelſt eines kugelartigen Gelenks (einer Nuß) regieren. De la Hire ſchloß das Objektivglas nicht in eine Röhre, ſondern in ein Bret ein.

§. 174.

Man wußte es längſt, daß eine ordentliche Größe des Geſichtsfeldes und eine gute Helligkeit mit zu den Haupterforderniſſen brauchbarer Fernröhre gehören. Dieſe Erforderniſſe ſuchte man bei Erd-Fernröhren dadurch zu erhalten, daß man die Zahl der Gläſer vermehrte. Man brachte aber auch dadurch eine größere Deutlichkeit zuwege, daß man die Röhre inwendig ſchwarz färbte, um das Zurückwerfen fremder Strahlen zu verhüten, und daß man den Rand der Gläſer mit ſchwarzen Ringen (Blendungen) bedeckte. Das letztere diente zur Abhaltung derjenigen Strahlen, welche nach dem Rande des Glaſes zu auffallen, um dadurch die unter dem Namen Abweichung wegen der Kugelgeſtalt bekannte Undeutlichkeit zu verhüten, ſowie das Farbenſpiel (die um den Bildern der Gegenſtände herumliegenden farbigten Säume) zu vermindern. Dieſe Mittel allein waren freilich immer noch unvollkommen. Es mußte erſt eine andere

Bahn gebrochen werden, worauf die Fernröhre zu ihrer höchſt möglichen Verbeſſerung fortſchreiten konnten. Dieſe Bahn brach, auf Newtons und Eulers Unterſuchungen geſtützt, der Engländer Dollond.

§. 175.

Newton hatte über die verſchiedene Brechbarkeit des Lichts in allerley durchſichtigen Körpern höchſt belehrende Verſuche angeſtellt und dabei unter andern die Entdeckung gemacht, daß vornehmlich die Zerſpaltung des Lichts in ſeine farbigten Strahlen die Undeutlichkeit der Bilder in den Fernröhren bewirkte (§. 221 f.). Dieſen Fehler ſuchte Euler im Jahr 1747 durch Zuſammenſetzung verſchiedenartiger Mittel und zwar durch Waſſer und Glas abzuhelfen, ein Verfahren, das ſchon im Jahr 1697 David Gregory in Vorſchlag gebracht hatte. Nach Euler gab ſich auch der Schwede Klingenſtierna viele Mühe, durch eine ähnliche Zuſammenſetzung von verſchiedenartigen durchſichtigen Mitteln, helle und deutliche Bilder zu erhalten. Aber die Bemühungen aller dieſer Männer waren fruchtlos.

John Dollond war zuerſt ſo glücklich, nach mannigfaltigen Verſuchen eine Brechung ohne Farben auch in allen ſolchen Gläſern, wie z. B. die Linſengläſer, zu erhalten, deren Flächen nicht mit einander parallel waren. Im Jahr 1757 machte er ſeine erſten Verſuche mit verſchiedenen Glasarten, die nach ihrer verſchiedenen Brechbarkeit ſo conſtruirt und mit einander verbunden waren, daß ſie ganz und gar keine Farben mehr darſtellten. Er bildete von dem ſchwächer brechenden Kronglaſe (einem ſehr hellen Cryſtallglaſe)

eine convexe Linſe, und von dem ſtärker brechenden Flintglaſe (mit vielem Bleykalk verſetzten Kieſelglaſe) eine concave Linſe; beide paßte er genau aneinander und legte ſie zu einem Stücke zuſammen. So bildeten ſie die Objektivlinſe. Nicht gleich im Anfange gelang die Verbindung vollkommen. Es mußten erſt noch mancherley Schwierigkeiten überwunden werden, welche Dollond durch anhaltende Geduld und Geſchicklichkeit endlich völlig beſiegte. Und ſo brachte er dioptriſche Fernröhre von geringer Länge, mit ſo großen Oeffnungen und Vergrößerungen zu Stande, daß ſie nach dem Urtheil der Kenner Alles leiſteten, was man nur von ihnen erwarten konnte. Sie präſentirten alle Gegenſtände ſehr deutlich und mit ihrer wahren Farbe.

§. 176.

Die Dollondſche Erfindung der farbenloſen oder achromatiſchen Fernröhre eröffnete eine wichtige Epoche für die optiſchen (und aſtronomiſchen) Wiſſenſchaften. Dollond ſelbſt hatte nicht die Verhältniſſe bekannt gemacht, nach welchen die Gläſer eingerichtet werden mußten, um die achromatiſche Objectivlinſe zu bilden, und Euler konnte ſich anfangs nicht überzeugen, daß dem engliſchen Künſtler die Verſuche geglückt wären. Als aber Clairaut im Jahr 1756 eine vollſtändige Theorie von den farbenloſen Gläſern des Dollond geliefert und d'Alembert dieſelbe im Jahr 1764 noch bereichert hatte, da ſah Euler wohl ein, daß Dollond für ſeine Erfindung nicht mit Unrecht großen Ruhm einerndtete; und nun gab er in den Jahren 1769 bis 1771 zu Petersburg ſeine vortreffliche Dioptrik heraus, welche unter andern auch eine Anleitung enthielt, alle Arten von Fernröhren in möglich größter Vollkommenheit zu verfertigen.

Im Jahr 1762 hatte Klingenſtierna den von der Akademie der Wiſſenſchaften zu Petersburg ausgeſetzten Preiß für die Auflöſung des Problems gewonnen: „was für Unvollkommenheiten der optiſchen Werkzeuge von der verſchiedenen Brechbarkeit der Gläſer herrühren und wie ſie zu verbeſſern ſeyn möchten“. Dollond fand, daß die Theorien der geſchickteſten Mathematiker und Naturforſcher über dieſen Gegenſtand ſich nicht allgemein anwenden ließen, weil in der Güte der Glasmaſſen ſo beträchtliche Abweichungen vorkommen. Alle nachfolgende Künſtler, welche ebenfalls achromatiſche Gläſer nach Dollondſcher Art machten, mußten daſſelbe geſtehen.

§. 177.

Im Jahr 1758 verbeſſerte Dollond ſein Fernrohr noch dadurch, daß er zwei Objektivgläſer von Kronglas und eins von Flintglas mit einander verband. Sein Sohn Peter Dollond, welcher mit Ruhm in des Vaters Fußſtapfen trat, nahm noch manche Verbeſſerungen mit den Fernröhren vor. So verfertigte er dreifache achromatiſche Objektivgläſer in noch größerer Vollkommenheit, als der Vater. Boscowich beſchrieb im Jahr 1768 die verbeſſerten Dollondſchen Fernröhre. Nicolaus Fuß gab im Jahr 1774 einen guten Unterricht, alle Arten von Fernröhren zu verfertigen. Der verdienſtvolle Prechtl in Wien hat erſt ganz kürzlich einen noch vorzüglichern Unterricht darin gegeben.

Andere geſchickte Optiker und Mechaniker Englands ſuchten es dem Dollond in Verfertigung der Fernröhre gleich zu thun, oder ihn wohl gar noch zu übertreffen. So kamen aus Ramsdens und Tiedemanns kunſtreichen Händen vortreffliche achromatiſche Fernröhre ans Licht. Tie-

demann beſchrieb die ſeinigen im Jahr 1785. Größere Fernröhre, als ſolche von 3½ Fuß, machten die beiden Dollonds nicht. Erſt in der neueſten Zeit ſind noch größere und viel wirkſamere achromatiſche Fernröhre, ſogar ſolche, deren Objektivlinſe 1 Fuß im Durchſchnitt hatte, fabricirt worden, namentlich von dem ausgezeichneten deutſchen Künſtler Reichenbach und deſſen Nachfolger Fraunhofer in München, die auch das Flintglas noch beſſer zu bereiten wußten, als die Engländer. Solche Reichenbach = Fraunhoferſche Fernröhre übertreffen in Hinſicht der ſtarken Vergrößerung und der Deutlichkeit Alles, was bis dahin an Fernröhren geleiſtet worden war.

Um's Jahr 1771 zeigte Lambert, wie man in kleinen Fernröhren, die nur ein (concaves) Augenglas oder auch ein davor befindliches Collectivglas haben, die Farbenſpielung vermeiden könne, ohne daß man nöthig hat, zweierlei Glasarten zu nehmen. Die Möglichkeit einer ſolchen Einrichtung iſt von andern Optikern an Galileiſchen Taſchenperſpectiven (§. 171.) erwieſen worden.

§. 178.

Im Jahr 1788 hatte Gußmann in Wien vorgeſchlagen, an einem achromatiſchen Fernrohre, ſtatt des Okularglaſes, ein zuſammengeſetztes Mikroſkop (§. 186.) anzubringen, um eine ausnehmend ſtarke Vergrößerung zu erhalten. Dieſer Vorſchlag ſcheint aber nie realiſirt worden zu ſeyn.

Pater Anton Maria de Rheita ſchlug ſchon um's Jahr 1665 ein doppeltes Fernrohr vor, in deſſen beide Röhren man zu gleicher Zeit mit beiden Augen hineinſehen ſollte. Ein ſolches Fernrohr iſt aber nie allgemein geworden,

obgleich ſelbſt lange nachher Pater Cherubino von Orleans es ſehr zu empfehlen ſuchte. Eine Art Nachtfernröhre oder Katzenaugen, beſonders als Kometenſucher brauchbar, hatte ſchon Huyghens angegeben. Es kam bei dieſen wenig vergrößernden Teleſkopen darauf an, daß man wegen ihrer großen Oeffnung und eines großen Okularglaſes recht viel auf einmal damit überſehen konnte. Unter andern beſchrieben Muſſchenbroek und de la Lande ſolche Fernröhre. Noch viel wichtiger und ſehr gebräuchlich wurden die Spiegelteleſkope oder reflectirenden Teleſkope, auch Reflectoren oder (im Gegenſatze zu den blos aus Gläſern beſtehenden dioptriſchen Fernröhren) katoptriſche Fernröhre genannt, die keine bedeutende Länge zu beſitzen brauchen und doch ſehr ſtark vergrößern.

§. 179.

Schon im Jahr 1616 ſoll der italieniſche Jeſuit Zucchi auf den Gedanken gekommen ſeyn, bei Fernröhren, ſtatt der Objektivgläſer, metallene Hohlſpiegel zu nehmen; und wirklich ſoll er damit gelungene Verſuche gemacht haben, wie man aus ſeiner im Jahr 1652 zu Lyon herausgegebenen Optica philosophica ſieht. Doch iſt dieſe Idee wieder der Vergeſſenheit Preiß gegeben worden. Merſenne ſchlug um's Jahr 1639 zur Vergrößerung entlegener Gegenſtände ein Paar paraboliſche Hohlſpiegel vor, wie aus einem zu Paris 1644 erſchienenen hydrauliſch=pneumatiſchen Werke von ihm erhellt. Aber auch dieſer Vorſchlag wurde nicht in Anwendung gebracht, vorzüglich wegen der Einwürfe des Descartes, welcher behauptete, es würde dabei durch die Reflection viel Licht verloren gehen. Der Schottländer Jacob Gregory

that im Jahr 1663 den Vorſchlag, ſtatt der bloßen Spiegel, eine Verbindung von Spiegeln und Gläſern zu nehmen. Ein im Mittelpunkte mit kreisförmiger Oeffnung verſehener paraboliſcher Hohlſpiegel ſollte die von weit entfernten Gegenſtänden her kommenden Strahlen zuſammenlenken und ſie einem kleinern elliptiſchen zuſchicken, von welchem ſie durch Gläſer in die Oeffnung des größern Hohlſpiegels hinein und nach dem Auge hin gebracht würden. Gregory wußte aber ſeinen Vorſchlag nicht auszuführen, weil er keinen paraboliſchen Spiegel bekommen konnte. Etwa neun Jahre nach Gregory's Vorſchlage brachte Newton das erſte Spiegelteleſkop (kata-dioptriſches Teleſkop) zu Stande.

§. 180.

Als nämlich dieſer große Britte im Jahr 1666 den Grund der Undeutlichkeit der dioptriſchen Fernröhre hauptſächlich in der Farbenzerſtreuung (oder Zerſpaltung des Lichts in die farbigten Strahlen) gefunden hatte, und trotz ſeines tiefen Nachdenkens ſie nicht hinwegzuſchaffen im Stande war, ſo verfiel er endlich auf den Gebrauch der Spiegel in Verbindung mit Gläſern. In der That brachte er auch ein Teleſkop mit einem ſphäriſchen Hohlſpiegel aus Metall zu Stande, welches dreiſſig- bis vierzigmal vergrößerte und im Jahr 1672 von der königlichen Societät der Wiſſenſchaften zu London mit Beifall aufgenommen wurde.

Der ſphäriſche Hohlſpiegel dieſes Newtonſchen Teleſkops, welcher die Stelle des Objektivglaſes vertrat, fing die Strahlen des Gegenſtandes auf und warf ſie auf einen in ſeinem Brennpunkte befindlichen, unter einem Winkel von 45 Graden gegen die Axe des Teleſkops geneigten, Planſpie-

gel. Der Planſpiegel ſchickte das aufgefangene Bild dem zur Seite befindlichen Okularglaſe zu. Man mußte daher in dieſes Teleſkop zur Seite hineinſehen, und die Gegenſtände erſchienen darin dem Auge verkehrt.

§. 181.

Um dieſelbe Zeit brachte der Franzoſe Caſſegrain ein Teleſkop ans Licht, das mit dem Gregoryſchen viele Aehnlichkeit hatte. Caſſegrain ſtellte in die Axe eines größern Hohlſpiegels, der in ſeiner Mitte eine kreisrunde Oeffnung hatte, einen kleinen convexen Spiegel, welcher das Bild des größern Spiegels auffing und es durch jene Oeffnung dem Okularglaſe zuſchickte. Dieſe Teleſkope ſind wenig in Anwendung gekommen; Smith hatte über ſie und die Newtonſchen Reflectoren Berechnungen angeſtellt. Hook nahm hernach wieder zu Gregory's Einrichtung (§. 179) ſeine Zuflucht. Wirklich brachte er ein ſehr gutes Teleſkop von dieſer Art zu Stande, welches er im Jahr 1674 der Londoner Societät der Wiſſenſchaften überreichte. Mitchel ſtellte über die vorhandenen Spiegelteleſkope manche lehrreiche Betrachtungen an.

Beinahe fünfzig Jahre lang bekümmerte man ſich nicht mehr um die Verbeſſerung der Teleſkope. Erſt im Jahr 1718 widmete ſich ihnen John Hadley wieder, und zwar mit glücklichem Erfolge. Im Jahr 1723 übergab er der Londoner Societät ein Teleſkop nach Newtonſcher Art, welches vortheilhaft gebaut und von ſehr guter Wirkung war. Indeſſen war es bei dieſen Fernröhren doch immer eine Unbequemlichkeit, von der Seite hineinzuſehen. Deswegen machte ſich auch Hadley ſeit dem Jahre 1726 wieder an die Gre-

gory'ſchen Teleſkope. Den kleinen Hohlſpiegel ſtellte er ſo vor den in der Mitte durchlöcherten größern Hohlſpiegel, daß er ihn nach den verſchiedenen Entfernungen der Objekte und nach der verſchiedenen Güte der hineinſehenden Augen leicht verſchieben konnte. Auch wandte er zwei oder mehr Okulargläſer an; und ſo wurde das Bild des Gegenſtandes deutlich und aufrecht geſehen. — Solche Gregory'ſchen Spiegelteleſkope nach Hadley'ſcher Verbeſſerung ſind in der Folge vornehmlich zu terreſtriſchen Beobachtungen ſehr beliebt geworden. Sie waren aber auch, mit einem zweckmäßigen Stative verſehen, ſehr bequem zu gebrauchen. Nur Schade! daß durch die Oeffnung des großen Hohlſpiegels gerade derjenige Theil verloren ging, welcher zur Deutlichkeit des Bildes am nothwendigſten iſt.

§. 182.

Hawksbee nahm ſich zuerſt wieder der Newtonſchen Spiegelteleſkope mit Ernſt an. Nachdem er mit ihnen bedeutende Verbeſſerungen vorgenommen hatte, ſo brachte er ſie in einen ſolchen Zuſtand, daß nun unter den drei vorhandenen Arten von Spiegelteleſkopen, den Gregory'ſchen, Caſſegrani'ſchen und Newtonſchen, bei einerlei Länge das Newtonſche am ſtärkſten vergrößerte. Um das Richten dieſes Teleſkops, in welches man von der Seite hineinſah, zu erleichtern, (beſonders, wenn es groß und dick war), ſo wurde genau über ſeiner Axe und parallel damit ein kleines dioptriſches Fernrohr angebracht.

Raſch ſchritten nun die Vervollkommnungen dieſer Teleſkope, ſowie der Fernröhre überhaupt, vorwärts. So verfertigte der Schottländer Short im Jahr 1734 Spiegel-

teleſkope, welche alle bisherige weit übertrafen, z. B. gegen zwölfhundertmal vergrößerten. Short beſaß ſehr viele Geſchicklichkeit in der Bearbeitung der Spiegel, ſelbſt der paraboliſchen Hohlſpiegel. Aber auch Molyneux, Bradley und Scarlet thaten viel für die Vervollkommnung der Metallſpiegel, die meiſtens aus einer Compoſition von Kupfer, Zinn und Arſenik verfertigt wurden. Smith, Mudge, Dollond und Edwards, welche die Compoſitionen zu den Spiegeln verbeſſerten, gaben auch über das Schleifen und Poliren derſelben ſchriftliche Belehrungen. Erſt zu Anfange des neunzehnten Jahrhunderts fand man die Platina zu den Spiegeln der Teleſkope ganz vortrefflich, weil Platinaſpiegel ſich ſehr ſchön poliren laſſen und nicht anlaufen. Koſtſpielig ſind ſie freilich.

§. 183.

Die Erfindung der achromatiſchen Fernröhre (§. 175 f.) verminderte ſchon damals etwas den Gebrauch der Spiegelteleſkope. Demohngeachtet behielten ſie noch immer ihren Werth, hauptſächlich nach den mit ihnen noch vorgenommenen Verbeſſerungen des Dollond, Ramsden, Nairne, Adams, Herſchel u. a.

Am berühmteſten iſt Wilhelm Herſchel, ein geborner Hannoveraner, der nach England zog, durch ſeine Spiegelteleſkope geworden. Eigentlich ein Muſikus von Profeſſion, aber zugleich ein großes mechanſches Genie, der ſich durch eigenen Unterricht und durch Uebung ſehr gute mathematiſche Kenntniſſe und viele mechaniſche Kunſtfertigkeiten erwarb, legte er ſich in England vorzüglich auf Aſtronomie, auf Optik und Mechanik!

§. 184.

Anfangs verfertigte Herſchel Newtonſche Spiegelteleſkope von 2 bis 20 Fuß Länge; auch Gregoryſche von 1 bis 10 Fuß Brennweite. Im Jahr 1781 fing er an, ein dreißigfüßiges Teleſkop zu machen, aber der Spiegel dazu verunglückte ihm zweimal beim Gießen. Er ließ daher die Sache liegen und behalf ſich noch immer mit zwanzigfüßigen Teleſkopen, womit er ſelbſt viele Entdeckungen am Himmel machte. Nach einigen Jahren wurde aber doch wieder der Trieb in ihm rege, ein größeres Teleſkop zu verfertigen; und da er von der königlichen Societät der Wiſſenſchaften dazu aufgemuntert und von dem Könige ſelbſt ſehr freigebig unterſtützt wurde, ſo faßte er den Entſchluß, ein vierzigfüßiges Spiegelteleſkop zu machen. Bald ging er auch wirklich ans Werk. Leider! mißriethen wieder ein Paar Spiegel beim Guß. Er goß im Februar 1788 den dritten, und dieſer fiel ſehr gut aus. Er wog 2118 Pfund, hatten hinten eine Breite von 49½, in der polirten Spiegelfläche von 48 Zoll. Seine Dicke betrug 3½ Zoll. Das vierzigfüßige Rohr war aus Eiſenblech verfertigt, und das Teleſkop ſelbſt vergrößerte, wenn man Okulargläſer von ſehr kurzen Brennweiten einſetzte, dreitauſendmal.

Zum Schleifen und Poliren des ungeheuern Spiegels hatte Herſchel eigne ſehr gut combinirte Maſchinen verfertigt; auch das Geſtelle des rieſenmäßigen Werkzeugs war mit einer ſchönen Maſchinerie verſehen, wodurch es ſehr leicht von der Hand eines Menſchen nach horizontaler und vertikaler Richtung hingedreht werden konnte.

§. 185.

Die Verfertigung der Newtonſchen Spiegelteleſkope nach

Herſchelſcher Art, welche man auch wohl Herſchelſche Teleſkope nennt, wurde in der Folge auch in die Werkſtätte anderer geſchickter Künſtler hinverpflanzt. Der berühmte Aſtronom Schröter zu Lilienthal bei Bremen gebrauchte zu ſeinen Beobachtungen anfangs ein ſiebenfüßiges Teleſkop, welches er von Hirſchel erhielt. Mit demſelben machte er ſeine erſten wichtigen Entdeckungen im Monde. In der Folge legte er ſich ſelbſt auf die Verfertigung ſolcher Teleſkope. Wirklich brachte er vor etlichen dreißig Jahren große und vollkommene Inſtrumente von dieſer Art zu Stande. Sein größtes war ein ſieben und zwanzig füßiger Reflector, welcher jetzt auf der Göttingiſchen Sternwarte ſich befindet.

An Schrader in Kiel fand Schröter bald einen glücklichen Nachahmer. Trefflich bearbeitete Schrader unter andern ein ſechs und zwanzig füßiges Spiegelteleſkop, das von ſehr guter Wirkung war. Auch Schröder in Gotha und noch einige andere geſchickte deutſche Künſtler verfertigten damals und ſpäter große Newtonſche Reflectoren von ausnehmender Güte. In den neueſten Zeiten aber, wo beſonders durch Reichenbachs und Fraunhofers Bemühungen die dioptriſchen Fernröhre (§. 177) zu einen ſo außerordentlichen Grad von Vollkommenheit gebracht worden ſind, wodurch ſie an Stärke der Vergrößerung und an Deutlichkeit die beſten Spiegelteleſkope übertreffen, findet man die letztern entbehrlich. Wirklich ruhen ſie jetzt meiſtens auf den Sternwarten, und werden darauf in der Folge vielleicht nur noch als hiſtoriſche Merkwürdigkeiten zu ſehen ſeyn.

§. 186.

Die Erfindung der zuſammengeſetzten Mikro-

ſkope, welche wegen ihrer ſehr ſtarken, oft ungeheuer ſtarken Vergrößerung, hauptſächlich für den Naturforſcher ſehr wichtig ſind, hat ohngefähr gleiches Alter mit der Erfindung der Fernröhre. Bei ſolchen Mikroſkopen ſind mehrere Glaslinſen in eine Röhre eingeſchloſſen; und während bei Fernröhren recht große Objektivgläſer zu einer bedeutenden Wirkung erfordert werden, ſo gehören zu ſehr ſtarken Vergrößerungen der. Mikroſkope recht kleine Objektivlinſen.

Wahrſcheinlich hat der Brillenmacher Zacharias Janſen zu Middelburg unter Beiſtand ſeines Sohnes am Ende des ſechszehnten Jahrhunderts auch das erſte zuſammengeſetzte Mikroſkop geliefert. Vater und Sohn widmeten es dem Erzherzoge Albrecht von Oeſterreich. Ohngefähr im Jahr 1618 kam daſſelbe Inſtrument an Cornelius Drebbel zu Alkmar, den man deswegen auch oft für den Erfinder deſſelben ausgab. Er war es aber ſo wenig, als der Neapolitaner Franz Fontana, der ſich dieſe Ehre gleichfalls zueignen wollte. Die Zeugniſſe des letztern ſind nicht älter als 1625, während die zuſammengeſetzten Mikroſkope ums Jahr 1621 in Holland und in Deutſchland ſchon ziemlich in Gebrauch waren.

§. 187.

Der berühmte Torricelli verfertigte bald ſehr niedliche Mikroſkope. Zu recht ſtarken Vergrößerungen gehörten ganz kleine Glaslinſen von ſehr geringen Brennweiten; und ſolche kleine Linſen waren ſehr ſchwer zu ſchleifen. Deswegen kam Torricelli auf den glücklichen Gedanken, kleine gläſerne Kügelchen, welche ſtark vergrößerten, an der Lampe zu ſchmelzen. Das ging in der That herrlich; mit Ver-

gnügen und Bewunderung machte man nun Gebrauch von ſolchen Gläſern. Torricelli ſandte einige derſelben dem Cavaleri; dieſer dankte ihm am 5ten April 1644 recht ſehr dafür. Der Großherzog Ferdinand II. bezeigte ſein Wohlgefallen an Torricellis Erfindungen durch reichliche Geſchenke an Gelde, aber auch durch eine an einer goldenen Kette hängenden Medaille mit der Deviſe: Virtutis praemia.

Nicht lange darauf wurden ſolche Glaskügelchen auch von andern Künſtlern verfertigt, z. B. von Hartſoecker und von Hook. Mit dieſen Kügelchen entdeckte Hartſoecker zuerſt die Saamenthierchen, welche zu einem neuen Syſtem der Zeugung Veranlaſſung gaben. Huyghens hatte bewieſen, daß ein ſolches Kügelchen, deſſen Durchmeſſer $\frac{1}{10}$ Zoll beträgt, hundertmal vergrößert. Leicht konnten ſie aber ſo klein gemacht werden, daß die Vergrößerung dreihundertfach wurde. Die kleinſten Kügelchen machte der Neapolitaner di Torre, welcher im Jahr 1765 vier davon der Londoner Societät der Wiſſenſchaften überſandte. Davon ſollte z. B. das eine jeden Gegenſtand in der Länge 2560mal vergrößern. Baker, der ſie prüfte, konnte ſie wegen ihrer Undeutlichkeit nicht gebrauchen. Beſſere Kügelchen brachte Nicholſon zum Vorſchein. In der letzten Hälfte des achtzehnten Jahrhunderts gaben die Engländer Butterfield und Adams auch ſchriftliche Anleitungen, die Kügelchen gehörig zu ſchmelzen.

§. 188.

Leeuwenhoek machte ſich am meiſten durch mikroſkopiſche Entdeckung berühmt, obgleich ſeine Mikroſkope nur einfache (§. 164.) waren, aber ſolche, die wohl 160mal ver-

größerten. Er legte jedes Glas in die Vertiefung von durchbohrten ſilbernen Platten, und das zu beobachtende Objekt befeſtigte er entweder unmittelbar mit Leim an die eine Nadel, oder durch Beihülfe eines ganz dünnen Glaſes. Die Nadel konnte er in jede beliebige Entfernung vom Glaſe bringen. Er hatte eine bedeutende Sammlung ſolcher Mikroſkope, die er der königlichen Societät der Wiſſenſchaften in London vermachte. Um die Größe kleiner Gegenſtände zu ſchätzen, ſo verglich ſie Leeuwenhoek mit Sandkörnern, deren 100 an einander gelegt, einen Zoll ausmachten.

Folkes und Baker unterſuchten in der Folge die Leeuwenhoekſchen Mikroſkope; ſie fanden, daß ihre vorzüglichſte Eigenſchaft, große Deutlichkeit war. Sie beſtanden aus geſchliffenen Linſen, und nicht aus Kügelchen. Letztere konnte man freilich zu ſtärkern Vergrößerungen bringen.

§. 189.

Die wohlfeilſten Mikroſkope, die man auch am leichteſten verfertigen konnte, lernten wir durch den Engländer Grey kennen. Man nimmt nämlich mit einer Nadelſpitze einen Tropfen ganz klares Waſſer auf und thut ihn in ein kleines Loch einer metallenen Platte. Weil die brechende Kraft des Waſſers geringer iſt, als des Glaſes, ſo vergrößert ein Waſſerkügelchen nicht ſo viel, als ein Glaskügelchen von gleicher Größe. Dafür kann man aber die Waſſerkügelchen deſto kleiner machen.

Vorzüglich merkwürdig ſind die einfachen Mikroſkope, welche erſt vor Kurzem der Engländer Brewſter vorſchlug. Dieſe Mikroſkope ſollen nämlich aus den ſehr kleinen Cry-

ſtallinſen der Fiſche beſtehen, welche ſchön klar und vollkommen kugelartig ſind.

§. 190.

Seit dem Anfange des achtzehnten Jahrhunderts, beſonders aber ſeit den letzten fünfzig Jahren, ſind die zuſammengeſetzten Mikroſkope bedeutend verbeſſert worden, theils in Hinſicht der Wahl und Zuſammenſetzungsart der Gläſer, theils in Hinſicht der Arbeit an den Röhren und der bequemen Auf- und Niederbewegung des Objektivglaſes über dem zu betrachtenden Gegenſtande. Die erſte ſehr weſentliche Verbeſſerung verdanken wir dem Engländer Wilſon. Schon im Jahr 1702 richtete dieſer die Mikroſkope ſo ein, wie wir ſie noch jetzt gebrauchen, nämlich mit zwei Röhren, die ſich in einander ſchieben laſſen, mit einem Objektiv- und einem Okularglaſe, mit Schiebern, worin kleine Gegenſtände, die man betrachten will, zwiſchen dünnen durchſichtigen Plättchen eingeſchloſſen ſind u. ſ. w. In der Folge hat man jenen Gläſern noch ein drittes, ein Collectivglas beigefügt. Undurchſichtige Gegenſtände beſſer zu beleuchten, gebrauchte man vor der Mitte des achtzehnten Jahrhunderts zuerſt einen ſilbernen gut polirten Hohlſpiegel, der die Sonnenſtrahlen auffangen und auf die Gegenſtände hinwerfen mußte.

§. 191.

Obgleich man gewöhnlich den Balthaſoris zu Erlangen als Erfinder des Sonnenmikroſkops, und zwar ums Jahr 1710 angiebt, ſo hat man dieſes Inſtrument doch ſchon früher gekannt. Samuel Reyher redete ſchon im Jahr 1670 (in ſeiner Mathesis mosaica) von demſelben. Das Sonnenmikroſkop hat die Beſtimmung, ſehr kleine von

der Sonne beleuchtete Gegenſtände in einem dunkeln Zimmer auf einer Ebene groß, oft ungeheuer groß, darzuſtellen. Lieberkühn gab ihnen im Jahr 1738 eine ganz neue, viel beſſere Einrichtung.

Der Engländer Cuff verfertigte bald nachher ſehr viele ſolcher Inſtrumente; s'Graveſande aber brachte in der Mitte des achtzehnten Jahrunderts an ihnen ein gezahntes Räderwerk an, wodurch man den Hohlſpiegel ſo drehen konnte, daß er immer Sonnenſtrahlen auffangen, und horizontal ins Zimmer werfen mußte. Wiedeburg vereinfachte und verbeſſerte dieſe Vorrichtung im Jahr 1758.

Obgleich Lieberkühn ſchon vor der Mitte des achtzehnten Jahrhunderts die Sonnenmikroſkope für undurchſichtige Gegenſtände eingerichtet, und der Baron von Gleichen im Jahr 1781 gute Sonnenmikroſkope beſchrieben hatte, ſo vervollkommnete ſie Aepinus ums Jahr 1785 doch noch mehr. Statt Sonnenſtrahlen aufzufangen und auf die Objektive hinwerfen zu laſſen, hatte man dies auch mit Lichtſtrahlen von einer Lampe verſucht. Sehr ſchöne, aber auch ſehr complicirte Lampenmikroſkope brachte im Jahr 1786 der Engländer Adams ans Licht.

§. 192.

Die Undeutlichkeit der Bilder oder die Abweichung und Zerſpaltung der weißen Strahlen wegen der Kugelgeſtalt (§. 174 f.) fand auch bei den Mikroſkopen ſtatt. Schon um die Mitte des ſiebzehnten Jahrhunderts gab ſich Euſtachio de Divinis viele Mühe, dieſe Undeutlichkeit durch Verdoppelung der Gläſer hinwegzuſchaffen. Das half aber

noch nicht viel. Beſſer gelang es dem Hook bei ſeinen Mikroſkopen mit drei Gläſern.

Auch, der Deutlichkeit unbeſchadet, eine ſtärkere Vergrößerung und ein großes Geſichtsfeld bei Mikroſkopen zu erhalten, war das fortdauernde Beſtreben mehrerer Künſtler. Deswegen wurden Mikroſkope mit vier und fünf Gläſern verfertigt. Von ſolchen Mikroſkopen lieferte Euler im Jahr 1751 eine allgemeine Theorie und Peliſſon bald nachher auch Beſchreibungen und Beurtheilungen. Aepinus ſuchte eine ſehr ſtarke Erleuchtung durch größere achromatiſche Linſen, etwa wie bei kleinen Fernröhren, zu erhalten. Aber erſt in der neueſten Zeit iſt durch Fraunhofer in München und durch Oechsle in Eßlingen in der Verfertigung von Mikroſkopen mit achromatiſchen Gläſern viel geleiſtet worden.

§. 193.

Der Engländer Robert Baker verfertigte zuerſt ein reflectirendes Mikroſkop oder Spiegelmikroſkop, d. h. ein ſolches, welches ſtatt des Objektivglaſes einen Hohlſpiegel hat, der mit ſeiner hohlen Fläche gegen das Auge gekehrt iſt. Er wollte dadurch gleichfalls die Abweichung und Unbeutlichkeit wegen der Farben vermeiden. Sein Landsmann Smith verbeſſerte dieſe Spiegelmikroſkope. Sie ſind aber nur wenig in Gebrauch gekommen.

Dagegen iſt viel Fleiß auf die immer weitere Vervollkommnung desjenigen Mechanismus verwandt worden, wodurch die Stellung der Gläſer gegen einander bei der geringſten Verrückung des Objekts verändert werden kann. Das Mikroſkop des Engländers Marſchall ließ ſich mittelſt

einer Stellſchraube an einem viereckigten Stabe auf- und niederbewegen. Culpeper ſtellte es auf drei Füße. Cuff nahm zwei Stangen, die man in einer Hülſe auf- und niederwärts bewegen und mittelſt einer Druckſchraube in jeder Lage feſtſtellen konnte. Rheinthaler in Leipzig nahm eine gezahnte Stange, durch die er das Mikroſkop, in Beziehung auf die Objektivlinſe, mittelſt eines kleinen Rädchens hinauf- und hinunter drehte. Und ſo ſind noch von andern verdienten Mechanikern der neuern Zeit, wie Brander in Augsburg, Hofmann in Leipzig, Tiedemann in Stuttgart, ſowie früher von den ältern und jüngern Adams in London, ſinnreiche Vervollkommnungen mit den Mikroſkopen vorgenommen worden.

§. 194.

Beſchreibungen von Mikroſkopen, die nach verſchiedener Art eingerichtet ſind, giebt es mehrere. Campano gab ſchon im Jahr 1686, Grindel 1687 und Bonanni 1691 eine ſolche Beſchreibung. Die Beſchreibung des Joblot in Paris vom Jahr 1718 war mannigfaltiger, ſowie diejenige des Baker in London vom Jahr 1743 und 1752 vornehmlich den Gebrauch der Mikroſkope zu verſchiedenen Zwecken lehrt. Eine ähnliche Abſicht hatte Meuen mit ſeiner Beſchreibung vom Jahr 1747, Lieberkühn mit der ſeinigen vom Jahr 1745 und Schilling mit der vom Jahr 1803. Brander in Augsburg beſchrieb im Jahr 1769 ein Paar Arten der von ihm verbeſſerten Mikroſkope; Adams beſchrieb die ſeinigen im Jahr 1787. Biſchofs Beſchreibnng vom Jahr 1760, ſowie diejenige des Fuß vom Jahr 1778, und des Tiedemann vom Jahr 1785 betrafen nicht die Mikro-

ſkope allein, ſondern auch die Fernröhre. — Von Herſchels, Schröters und Schraders großen reflectirenden Teleſkopen erhielten wir gleichfalls vollſtändige Beſchreibungen.

§. 195.

Die Zauberlaterne oder magiſche Laterne (Laterna magica) erfand der Pater Kircher in der Mitte des ſiebzehnten Jahrhunderts. Ein blechener laternenartiger Kaſten enthält vorn in einer doppelten in einander verſchiebbaren Röhre zwei convexe Gläſer und an einer gegenüber liegenden Stelle innerhalb des Kaſtens einen kleinen Hohlſpiegel, welcher das Licht einer ohngefähr in der Mitte des Kaſtens, nämlich im Brennpunkte des Spiegels, befindlichen Lampe auffängt und auf Glasſtreifen gemalte Objekte wirft, die hinter der Röhre hin= oder hergeſchoben werden können. Von dieſen Objekten präſentiren ſich dann Bilder auf einer in dem verdunkelten Zimmer befindlichen weißen Fläche, z. B. auf der weißen Wand oder auf einer ausgeſpannten weißen Leinwand. Iſt die weiße Leinwand fein und hübſch durchſcheinend (oder hat man auch wohl weißes geöhltes Papier genommen) und iſt ſie wie ein Vorhang mitten in einem Zimmer, auch wohl nur vor die Oeffnung einer Thür geſpannt, ſo ſehen die auf der einen Seite befindlichen Zuſchauer die Bilder deutlich, welche die Zauberlaterne auf die andere Seite der Leinwand fallen ließ, und man hat die ſogenannte Geiſtererſcheinung (Fantasmagorie), beſonders wenn weiße Objekte auf ſchwarz lackirte Glasſcheiben einradirt (oder eingeſchabt) waren.

Daß auch die Zauberlaterne nach und nach verbeſſert wurde, kann man leicht denken. Beſonders haben Bran=

der im Jahr 1775 und Häſeler im Jahr 1779 verſchiedene weſentliche Verbeſſerungen mit ihr vorgenommen. Ohnſtreitig hat ſie zur Erfindung des Sonnen- und Lampenmikroſkops (§. 191.) die nächſte Veranlaſſung gegeben.

§. 196.

Ein intereſſantes optiſches Inſtrument, welches in der Mitte des ſechszehnten Jahrhunderts Johann Baptiſt Porta erfand, iſt die dunkle Kammer (Camera obscura). Ein dunkler Kaſten enthält vorn in einer Röhre ein convexes Glas und in dem Kaſten hinter der Röhre befindet ſich ein unter einem Winkel von 45 Graden gegen den Boden des Kaſtens geneigter Planſpiegel. Wird nun jenes convexe Glas nach gewiſſen Gegenſtänden hin gerichtet, ſo machen die in das Glas fallenden Strahlen hinter dem Glaſe Bilder von den Gegenſtänden, dieſe kleinen Bilder werden von dem ebenen Spiegel aufgefangen und auf den mit weißem Papier belegten Boden des Kaſtens geworfen. Die Bilder haben zum Theil Leben, wenn das Inſtrument nach Straßen oder andern belebten Gegenden hingerichtet wird. Wie merkwürdig und intereſſant (auch zum Abzeichnen von Gegenden nützlich) man dieſe Erfindung fand, kann man leicht denken.

In der Folge hat man dieſe dunkle Kammer, die dem Erfinder den Namen eines Zauberers zuzog, und in deſſen eine mit Vorhängen verſehene Oeffnung man den Kopf ſteckt, um die Bilder deutlich ſehen zu können, auf verſchiedene Art verändert, um ſie wirkſamer und ihren Gebrauch bequemer zu machen. Unter andern hat man den Planſpiegel ſo geſtellt, daß er die aufgefangenen Bilder, ſtatt hinunterwärts auf den

Boden des Kaſtens, hinaufwärts auf ein matt geſchliffenes Glas werfen mußte.

Ein beſonderer Nutzen der dunklen Kammer war noch der, daß ſie die Beſchaffenheit des Sehens ſo trefflich erläuterte. In der That machte man auch kleine dunkle Kammern von der Geſtalt eines menſchlichen Auges, ſogar mit einer Einrichtung, daß Brillen für Kurz- und Weitſichtige dabei angewandt werden konnten. Uebrigens beſchrieb ſchon Porta ſeine dunkle Kammer ziemlich deutlich. Eine tragbare Camera obſcura, um Sachen in natürlicher Größe abzuzeichnen, hatte Hook erfunden.

§. 197.

Erſt vor wenigen Jahren erfand der Engländer Wollaſton ſeine helle Kammer (Camera lucida), nämlich einen kleinen höchſt einfachen zum Abzeichnen der Bilder gut beleuchteter Gegenſtände trefflich dienenden Apparat, aus einen eigens geſchliffenen, wegen des Richtens auf einem einfachen Geſtelle bewegbaren gläſernen Prisma beſtehend, worin Strahlen, welche von den Gegenſtänden hineinfallen, nicht durch Brechung, ſondern durch Zurückwerfung ins Auge kommen.

Folgende Verſuche gaben die Veranlaſſung zur Erfindung des Inſtruments. Wenn Wollaſton auf ſeinem Tiſche ein Blatt Papier von oben nach unten anſah, und während dieſes Anſchauens zwiſchen das Auge und das Papier ein flaches Glas unter einem Winkel von 45 Graden legte, ſo erblickte er durch die Reflection in dem Glaſe die vor ihm befindlichen Gegenſtände, und zwar in derſelben Richtung, unter welcher er durch daſſelbe Glas das Papier

ſah, auf welcher die Bilder der Gegenſtände ſich hinwarfen. Er konnte dann mit einem Bleiſtift den Umriß der Bilder auf das Papier zeichnen, aber verkehrt, wegen der einfachen Zurückwerfung. Nun ſuchte er ein Glas ſo zu ſchleifen, daß er eine zweite Reflection erhielt, welche die Bilder wieder aufrecht darſtellte. Und ſo kam er, nach mehreren Verſuchen, endlich auf das eigens geſchliffene Prisma, deſſen Gebrauch zum Abzeichnen von Gegenſtänden der Natur ſowohl, als auch zum Kopiren von ſchon vorhandenen Zeichnungen immer mehr Mannigfaltigkeit erhielt.

§. 198.

Wie nützlich der Gebrauch der ebenen Spiegel (Planſpiegel) in Haushaltungen, vorzüglich für das ſchöne Geſchlecht iſt, braucht wohl nicht auseinandergeſetzt zu werden. Die älteſten Spiegel waren ohnſtreitig Metallſpiegel, d. h. ein Stück Metall, anfangs vermuthlich Silber, hernach eine Compoſition von Kupfer und Zinn, mit einer eben geſchliffenen ſchön polirten Oberfläche. Schon im alten Teſtament kommen ſolche Spiegel vor.

Als die Glasſpiegel in Gebrauch kamen, da ſetzte man die Metallſpiegel nach und nach immer mehr bei Seite. Erſt als die reflectirenden Teleſkope erfunden wurden (§. 179 f.) nahm man auch wieder zu Metallſpiegeln ſeine Zuflucht, weil man zu jenen Inſtrumenten keine Glasſpiegel gebrauchen konnte. Denn letztere zeigen in gewiſſen Lagen doppelte, ja mehrfache Bilder, wegen der Dicke der Glastafel, durch welche die Strahlen von Gegenſtänden hindurch bis an das hintere Belege und auch wieder zurück müſſen; und da werden denn manche Strahlen nicht einmal, ſondern doppelt

und mehrfach reflectirt. Machten die Alten auch ſchon brauchbare Metallſpiegel, ſo haben die Neuern es doch noch viel weiter in dieſer Kunſt gebracht. Metall von ſo weißer Farbe und von ſo feiner Politur, wie wir es an den Herſchelſchen Teleſkopen bewundern, waren die Alten nicht darzuſtellen im Stande.

§. 199.

Die Glasſpiegel ſind aber ebenfalls ſchon alt. Nach Plinius Bericht ſoll man ſie zuerſt auf der Glashütte zu Sidon gemacht haben. Sie beſtanden wahrſcheinlich aus Glastafeln, die eine dunkle undurchſichtige Unterlage hatten. Vermuthlich kam man erſt im dreizehnten Jahrhundert der chriſtlichen Zeitrechnung auf den Gedanken, der Glastafel ein Belege aus geſchmolzenem Blei oder Zinn zu geben, womit man die eine Seite der Glastafel bedeckte. Noch ſpäter belegte (oder foliirte) man die Glastafel mit einem Amalgama von Zinn und Queckſilber, wie es noch jetzt üblich iſt. Wahrſcheinlich geſchah dies auf den italieniſchen Glashütten zu Murano zuerſt. Die Glastafeln ſelbſt waren anfangs blos ſolche, die durch Blaſen, Aufſchneiden der Glasblaſe und Strecken des auf einem ebenen Heerde ausgebreiteten Glaſes gebildet wurden. Der Franzoſe Abraham Thevart hat im Jahr 1688 zuerſt auch gegoſſene Glastafeln und zwar von bedeutender Größe verfertigt. Nur bei gegoſſenen Glastafeln konnte man ſehr große Spiegel erhalten, deren Höhe und Breite ein gehöriges Verhältniß hatten. In Hinſicht der Reinheit des Glaſes, des genauen Schleifens und Polirens ꝛc. iſt in der Folge manches bei den Spiegeln vervollkommnet worden.

§. 200.

Daß ein Paar ebene Spiegel einen zwiſchen ihnen be-

findlichen Gegenſtand vervielfältigen und zwar um ſo mehr, je kleiner der Winkel iſt, den die Spiegel mit einander machen, und daß man ferner eine unzählige Reihe von Bildern eines Gegenſtandes zwiſchen den Spiegeln ſieht, wenn dieſe parallel mit einander ſind, weil dann der eine Spiegel den andern wieder die aufgefangenen Strahlen zuwirft, wußte man längſt. Es gründeten ſich darauf die ſogenannten Winkelſpiegel, die Spiegelkaſten, Spiegelkabinette u. dgl. Für einen Uneingeweihten gab dies manche intereſſante oder ſeltſame Erſcheinungen. So war es auch mit den Zauberperſpectiven, den Operguckern oder Polemoſkopen und ähnlichen optiſchen Spielwerken, bei denen ebene Spiegel in Röhren ſo geſtellt waren, daß man darin ſehen konnte, was zur Seite, hinter dem Rücken, jenſeits einer Mauer rc. vorging, oder daß man glaubte, damit durch eine Hand, durch ein Bret u. dgl. ſehen zu können. Solche ſeltſame optiſche Spielwerke haben ſchon Roger Bako, Porta, Zahn u. a. beſchrieben.

Ohngefähr vor ein Dutzend Jahren gründete man auf eine ähnliche Stellung der Spiegel, wie bei dem Winkelſpiegel, die Erfindung des ſo bekannt gewordenen Kaleidoſkops oder Schönheitsguckers (Prachtſeherohrs). Brewſter in London erfand dieſe artige optiſche Vorrichtung, obgleich auch Deutſche ihm die Erfindung derſelben ſtreitig machen wollen. Voigtländer, Schönſtedt, Roſpini u. a. haben das Inſtrument freilich noch ſchöner und mannigfaltiger eingerichtet.

§. 201.

Die richtige Erklärung aller Wirkungen der aufgeführten

optiſchen Inſtrumente beſchäftigte von jeher viele der ſcharfſinnigſten Mathematiker und Phyſiker. Bei einer ſolchen Erklärung durfte man freilich das Weſen des Lichts nicht bei Seite ſetzen. Waren auch die Hypotheſen der Alten darüber (§. 143.) unhaltbar und zum Theil lächerlich, ſo haben doch auch ganz vorzügliche neuere Gelehrte manche ſeltſame Theorie darüber zum Vorſchein gebracht. Descartes nahm an, der ganze Weltraum ſey mit unendlich vielen unſichtbaren harten Kügelchen angefüllt, die ſich unmittelbar berührten, und wenn ſie geſtoßen würden (z. B. von der Sonne), ſo pflanzte ſich der Stoß überall fort, träfe unter andern auch unſere Augen und ſo ſähen wir alle Körper, von welchen ſolche Stöße ausgingen. Huyghens aber ließ viel natürlicher und richtiger, das Licht auf ähnliche Art, wie den Schall, aus wellenförmig fortgepflanzten Wirbeln oder Schwingungen eines elaſtiſchen Mittels beſtehen und auf ähnliche Art ſich fortpflanzen, wie der Schall, wie die Waſſerwellen, durch einen hineingeworfenen Stein erzeugt, u. ſ. w.

Gaſſendi und manche andere geſchickte Phyſiker hielten das Licht für einen Ausfluß materieller Theilchen aus den leuchtenden Körpern. Auch Newton ſtellte ein ähnliches Ausfluß- oder Emanationsſyſtem auf. Von den leuchtenden Körpern ſtrömten, nach ſeiner Meinung, feine, im Einzelnen unſichtbare materielle Theile auf ähnliche Art hinweg, wie der Duft von riechenden Körpern, wie der Wärmeſtoff, wie die entwickelte elektriſche Materie ꝛc. von Körpern hinwegſtrömt. Dieſe Hypotheſe, die natürlichſte und wahrſcheinlichſte unter allen, hat bis auf den heutigen Tag noch nie gründlich widerlegt werden können. Der berühmte

Euler ſuchte ſie dadurch umzuſtoßen, daß er wieder eine feine Himmelsluft annahm, die alle Körper, wie ein Sieb, durchſtröme; Erſchütterungen der Sonne, meinte er, breiteten ſich darin aus, wie Kreiſe im Waſſer oder wie die Schallwellen der in zitternde Bewegung geſetzten Körper. Unmöglich konnte ſich ein ſolches Vibrationsſyſtem, obgleich es in den neuern Zeiten Young noch zu vertheidigen ſuchte, lange halten. Das Syſtem des Newton, der lieber Beobachtungen, als leere Spekulationen machte, hat unter andern auch durch die neuere Chemie, z. B. durch Veränderungen, welche manche Körper nur vom Lichte erleiden konnten, wenn es etwas Materielles iſt, immer mehr Feſtigkeit bekommen. Auch dynamiſche Naturphiloſophen, welche das Licht als eine beſondere Wirkungsart gewiſſer Körper auf unſer Sehorgan betrachteten, konnten unter den gründlichſten Naturforſchern wenigen Anhang finden.

§. 202.

Daß der Lichtſtoff ein ganz außerordentlich feiner Stoff ſeyn muß, kann man ſchon daraus ſchließen, daß man an den leuchtenden Körpern, von welchen er nach allen möglichen Richtungen hinwegſtrömt, ſeinen Abgang gar nicht ſpürt. Die Sonne kann z. B. noch immer, wenigſtens für unſere Sinne, ſo viel Licht von ſich hinwegſchicken, als dies gleich nach Erſchaffung der Welt der Fall war. Aber möglich iſt es auch, daß ſich an ihr für die abgegangene Quantität Lichtſtoff ſogleich eine gleiche Quantität, auf irgend eine Weiſe, entwickelt.

In der neuern Zeit hat man folgende Vergleichung beſonders geeignet gefunden, ſich von der außerordentlichen

Feinheit des Lichts einen Begriff zu machen. Ein Schrotkorn von 3 Gran, mit der Geſchwindigkeit einer Kanonenkugel geſchoſſen, durchbohrt einen Menſchen. Das kommt blos von der großen Geſchwindigkeit her. Denn die Wirkung, welche ein Körper durch ſeine Bewegung hervorbringt, iſt das Produkt aus ſeiner Maſſe in die Geſchwindigkeit. Die Geſchwindigkeit des Lichts iſt aber 1½ Millionenmal größer, als die Geſchwindigkeit der Kanonenkugel, folglich würde ein Lichttheilchen, der 1½ Millionen mal kleiner als jenes Schrotkörnchen wäre, noch dieſelbe Wirkung wie dieſes hervorbringen. Das thut es jedoch nicht; nicht den mindeſten bemerkbaren Eindruck eines Stoßes macht das Licht auf unſern Körper, nicht einmal auf das Auge, welches ein ſehr empfindliches Organ iſt. Seine Feinheit muß daher noch erſtaunenswerther, als ſeine Geſchwindigkeit ſeyn.

§. 203.

Römer, ein Däne, entdeckte im Jahr 1675 die Geſchwindigkeit des Lichts, und zwar aus den Verfinſterungen der Jupiterstrabanten, indem ein Beobachter auf der Erde das Ende einer Finſterniß, wo ein Trabant aus dem Schatten des Jupiters tritt, 16 Minuten ſpäter ſieht, als die genaueſte Rechnung angiebt. Hieraus zog Römer den Schluß, das Licht brauche 16 Minuten Zeit, um die Entfernung von dort bis in unſere Augen, etwa 42 Millionen Meilen, zu durchlaufen. Das macht einen Weg von 42000 Meilen in der Sekunde aus.

Von einer ſo erſtaunlichen Geſchwindigkeit hatte bis dahin kein Menſch eine Vorſtellung gehabt. Ariſtoteles dachte wohl an eine Bewegung des Lichts; aber er konnte ſeine

Idee zu keiner Reiſe bringen; und ſeit der Zeit bis zu Galilei behalf man ſich mit der Vorſtellung, die Fortpflanzung des Lichts ſey keines Maaßes fähig; denn ſie ſey augenblicklich. Galilei machte in der That mehrere Verſuche, die Geſchwindigkeit des Lichts zu meſſen; aber dieſe mußten wohl mißlingen, weil er ſie mit Fackeln vornehmen wollte, die höchſtens zwei Meilen von ihm entfernt waren. Bei einer ſo geringen Entfernung war die Geſchwindigkeit ſo groß, als wenn die Entfernung Null geweſen wäre. Caſſini und Römer kamen mit einander auf den Gedanken, die Verfinſterung der Jupiterstrabanten zur Beſtimmung der Licht-Geſchwindigkeit zu benutzen; aber Caſſini ſchlug ſeine Gedanken wieder nieder, weil er bei der Ausführung ſo viele Schwierigkeiten zu finden glaubte. Römer aber blieb ſtandhaft dabei, und errang auch bald einen völligen Sieg. Bradley, Molineux und andere Aſtronomen beſtätigten bald nachher durch eigne Beobachtungen die Römerſche Entdeckung. Auf die außerordentliche Geſchwindigkeit des Lichtes, welche bei jeder Entfernung auf der Erde als augenblicklich angeſehen werden kann, gründeten die Neuern unter andern die Meſſungen von Entfernungen durch Losfeuern von Geſchützen (wegen Blitz und Knall Abth. I. §. 116.) und die Erfindung der Telegraphen.

§. 204.

Dachte man ſich von den ſo ſchnell ſich fortbewegenden außerordentlich feinen Lichttheilchen eine hintereinander liegende Reihe, ſo hatte man einen Lichtſtrahl; und ſtieß ein ſolcher Lichtſtrahl gegen eine dunkle undurchſichtige Fläche, ſo war es kein Wunder, daß er von derſelben eben ſo zu-

rückprallen mußte, wie eine gegen eine Wand geworfene elaſtiſche Kugel zurückprallt, wie Lufttheilchen, Wärmeſtofftheilchen ꝛc. von ſo mancherlei Körpern zurückprallen, nämlich ſo, daß der Reflectionswinkel dem Einfallswinkel gleich iſt (§. 144.). Das erſte aufſtoßende Lichttheilchen prallt ſo zurück, das zweite unmittelbar nachfolgende eben ſo, das dritte wieder ꝛc. folglich auch der ganze Lichtſtrahl.

Daß eine ſolche Zurückwerfung der Lichtſtrahlen auch bei Spiegeln ſtatt findet, wußten die Alten ſchon, und ſie gaben darüber auch ſchon, wie z. B. Euclides, manche richtige Erklärung. Die Neuern haben freilich erſt genauer dargelegt, warum wir Gegenſtände in Spiegeln erblicken oder Bilder von Gegenſtänden in Spiegeln ſehen, während wir auf der Oberfläche von rauhen oder nicht blanken Körpern ſo etwas nicht wahrnehmen. Sie haben unter andern gezeigt, daß die Theilchen der blanken Oberfläche, welche Strahlen zurückwerfen, als lauter ſehr kleine Ebenen anzuſehen ſind, die insgeſammt eine ordentliche Lage haben, daß ſie daher die von Gegenſtänden auf ſie fallenden Lichtſtrahlen in derſelben Ordnung zurückwerfen und in's Auge reflectiren, wie ſie auf ſie fielen, und daß es dann unſerer Seele vermöge des Auges vorkomme, als wenn die Gegenſtände an der Stelle ſich befänden, von welcher die reflectirten Strahlen auszulaufen ſcheinen. Denkt man ſich dieſe Strahlen verlängert, ſo kommen ſie in einem Punkte hinter der Spiegelfläche zuſammen; und ſo hätte man den Ort des Bildes. Wenn wir nämlich irgend einen Gegenſtand ſehen, ſo ſchätzen wir den Ort des Gegenſtandes immer nach derjenigen Richtung der von ihm herkommenden Lichtſtrahlen, nach wel-

cher dieſelben in unſer Auge fallen (§. 205 f.). Das **Bild** iſt alſo der Gegenſtand ſelbſt, den wir nur an einer unrechten Stelle ſehen.

Körper mit rauhen Oberflächen können ſolche Bilder nicht darſtellen, weil alle Theilchen der Oberflächen als Ebenen von gar verſchiedenen und unordentlichen Lagen anzuſehen ſind; daher werfen ſie die Strahlen nach unzählig vielen Gegenden zurück.

§. 205.

Kepler war der erſte, welcher die wahre Beſchaffenheit entdeckte, die es mit dem Bilde und mit dem Orte des Bildes hat. Bei krummen Spiegeln bekommt freilich das Bild eine andere Geſtalt und Lage, wie der Gegenſtand ſelbſt. Daher fanden hier **Barrow**, **Berkley** u. a. manche Schwierigkeiten in der Beſtimmung des Bild-Ortes, die eigentlich ſchon **Kepler** dadurch beſeitigt hatte, daß er erklärte: bei allen Arten von Spiegeln befinde ſich der **Ort** des Bildes da, wo die Summe der zurückgeworfenen Strahlen oder doch der größte Theil dieſer Summe in **einen** Punkt entweder wirklich zuſammenliefen oder doch zuſammenzulaufen ſchienen. Auch von den neueſten Optikern konnte nur dieſe Erklärung und keine andere angenommen werden.

Liegt bei einem **Hohlſpiegel** der Gegenſtand zwiſchen dem Brennpunkte und der Spiegelfläche, ſo erſcheint das Bild des Gegenſtandes hinter der Spiegelfläche vergrößert, aber noch aufrecht; liegt er über dem Brennpunkte hinaus, ſo erſcheint das Bild verkehrt vor der Spiegelfläche in der Luft, und zwar **vergrößert**, wenn der Gegenſtand nicht weit vom Brennpunkte entfernt iſt, **verkleinert**, wenn er wei-

ter davon hinweg liegt. Jenes hinter der Spiegelfläche erſcheinende Bild iſt wieder ein gewöhnliches eingebildetes Bild, weil da die von der Spiegelfläche zurückgeworfenen und auch in das Auge gelangenden (divergirenden) Strahlen hinter der Spiegelfläche zuſammenzulaufen ſcheinen; das letztere vor der Spiegelfläche in der Luft ſchwebende Bild iſt ein wirkliches Bild, d. h. die von der Spiegelfläche zurückgeworfenen Strahlen vereinigen ſich an einer gewiſſen Stelle vor der Spiegelfläche. Steht der Gegenſtand im Brennpunkte ſelbſt, ſo giebt es von ihm kein Bild, weil dann die verlängerten oder verlängert gedachten zurückgeworfenen Strahlen gar keine Vereinigungspunkte haben, ſondern parallel fortgehen. Bei einem Converſpiegel iſt das Bild ſtets hinter der Spiegelfläche (ein eingebildetes Bild) und zwar immer aufrecht, aber verkleinert. Alle dieſe Erſcheinungen laſſen ſich heutiges Tages ſo erklären, daß die Erklärung mit den Erſcheinungen ſelbſt genau übereinſtimmt.

Brougham, welcher über die Zurückwerfung des Lichts mancherley Unterſuchungen anſtellte, bekannte ſich zu dem Newtonſchen Geſetze, daß das Licht von den Körpern mittelſt einer repulſiven Kraft derſelben, die ſich bis auf eine gewiſſe Entfernung erſtrecke, zurückgeworfen werde.

§. 206.

Auf die Eigenſchaft, daß ebene Spiegel die Gegenſtände, welche ſich darin präſentiren, in der natürlichen Größe und Geſtalt zeigen, Hohlſpiegel ſie unter den bewußten Umſtänden vergrößern, Converſpiegel ſie verkleinern, hat man ſchon vor ein Paar hundert Jahren allerley ſeltſame Spielereyen gegründet, namentlich die ſogenannten katop-

triſchen Anamorphoſen, aus Cylinderſpiegel oder Kegelſpiegel beſtehend, welche Gegenſtände um ſie herum verzerrt, und nach gewiſſen Regeln verzerrt gezeichnete Gemälde wieder ordentlich zeigen. Solche Spiegel wirken nämlich nach gewiſſen Richtungen (nach der Länge) als ebene, nach andern (nach der Quere) als convexe Spiegel. Daraus muß wohl eine Verzerrung oder eine Zuſammenziehung des Verzerrten in das Ordentliche erfolgen.

In der Mitte des ſiebzehnten Jahrhunderts kannten Schwenter und Schott ſchon ſolche Anamorphoſen, die zu manchen Beluſtigungen dienten. Schott lehrte auch ſchon verzerrte Gemälde machen, deren Bild beim Aufſetzen des blanken Cylinders oder des blanken Kegels ordentlich erſchien. Im Anfange des achtzehnten Jahrhunderts haben beſonders Wolf und Leupold ſich mit ihnen abgegeben.

Es giebt freilich auch dioptriſche und optiſche Anamorphoſen. Erſtere, welche zu Anfange des achtzehnten Jahrhunderts Wolf und Leutmann zu verzeichnen lehrten, beſtehen aus verzerrten Bildern, die durch ein eigen geſchliffenes pyramidenförmiges, in einer Röhre eingeſchloſſenes Glas zu ordentlichen Figuren zuſammengezogen werden. Die blos optiſchen Anamorphoſen, ſind verzerrte Bilder, die nach gewiſſer Richtung betrachtet, die gehörige Regelmäßigkeit erlangen. Bei Simon Stevin findet man ſolche verzerrte Bilder zuerſt; ſpäter auch bei Schott, Kircher u. a.

§. 207.

Die Brechung (Refraction), welche die Alten ſchon kannten, war wohl hauptſächlich diejenige in Waſſer und in

Glas. Daß Strahlen von der Sonne, vom Monde und von den Sternen auch durch die Atmoſphäre der Erde, wenn ſie ſchief hineinfallen, von der geraden Linie abgelenkt werden, hat man erſt ſpäter eingeſehen. So bemerkten z. B. die erſten Aſtronomen nicht, daß der Abſtand zweyer Sterne von einander am Horizonte kleiner iſt, als in einer bedeutenden Höhe über demſelben. Ptolemäus aber, der 150 Jahre nach Chriſti Geburt lebte, kannte ſchon dieſe ſogenannte aſtronomiſche Strahlenbrechung. Derſelbe große Mann gab auch ſchon eine ſehr vernünftige Erklärung von der ſcheinbaren Vergrößerung der Sonne und des Mondes nahe am Horizonte.

Viel um die Strahlenbrechung bekümmerte ſich der Araber Alhazen im zwölften Jahrhundert. Selbſt Experimente ſtellte er darüber an, mit Luft und Glas, Waſſer und Glas ꝛc. Er zeigte ſchon, daß die Höhen der Geſtirne (ihr Bogen über dem Horizonte) durch die Strahlenbrechung vergrößert wird. Auch behauptete er, daß die Sterne wegen der Strahlenbrechung bisweilen ſchon über dem Horizonte geſehen werden, obgleich ſie ſich noch darunter befinden. Vitellio, Bernhard Walther und Tycho de Brahe beſtätigten in der Folge dieſe Bemerkung. Letzterer beſonders hat viele Sorgfalt auf Beſtimmung der aſtronomiſchen Strahlenbrechung verwendet.

§. 208.

Kepler, der die Strahlenbrechung ebenfalls fleißig unterſuchte, und dazu auch ein eignes ſogenanntes anaklaſtiſches Werkzeug erfand, wollte unter andern gefunden haben, daß, wenn die Lichtſtrahlen unter einem Winkel in's

Glas fallen, der kleiner als 30 Grade iſt, der Brechungswinkel ohngefähr zwei Drittheile davon betragen müſſe. Das fanden andere Naturkundige nicht beſtätigt. Scheiner ſuchte gleichfalls das Geſetz der Brechung zu erforſchen; er maß das Verhältniß des Einfallswinkels und des Brechungswinkels aus Luft in Waſſer, und brachte die Reſultate ſeiner Beobachtungen und Verſuche in eine Tabelle, welche nachher Kircher mittheilte. Kircher ſelbſt ſtellte darüber Experimente an, um die Brechungen der Lichtſtrahlen im Glaſe, im Oehle und im Weine aufzufinden.

Man mußte mit den Reſultaten dieſer Verſuche wohl ſo lange zufrieden ſeyn, bis man etwas Beſſeres darüber zum Vorſchein gebracht hatte. In dem erſten Viertheile des ſiebzehnten Jahrhunderts trat nämlich Willebrordus Snellius zu Leyden als Entdecker des wahren Geſetzes der Strahlenbrechung auf. Er zeigte, daß bei jeder Art von Brechung der Sinus des gebrochenen Winkels ein beſtimmtes Verhältniß zum Sinus des Neigungswinkels habe. Es iſt zwar nie ein Werk von Snellius über dieſe Entdeckung erſchienen. Voßius gab aber eine ſichere Nachricht davon, und zeigte dabei zugleich an, daß ſein Landsmann auch über die Refractionslinie Unterſuchungen angeſtellt habe, was auch von de Witt geſchehen ſey. Descartes machte die Entdeckungen des Snellius, mit etwas veränderter Form des Ausdrucks in ſeinen Schriften bekannt, ohne den Entdecker zu nennen; und doch ſoll er, nach Huyghens Verſicherung, Snellius Schrift geleſen haben. Die Zweifel, welche Fermat und Leibnitz gegen dieſe Theorie erhoben, konnten nicht genügend erwieſen werden.

§. 209.

Anfangs glaubte man, daß blos die Dichtigkeit der verſchiedenen durchſichtigen Mittel ſchuld daran ſey, wenn ein Strahl unter gleichen übrigen Umſtänden mehr gebrochen werde. Im Jahr 1664 ſcheint man erſt in Erfahrung gebracht zu haben, daß die Größe der Brechung ſich nicht nach der Dichtigkeit der brechenden Mittel richte. Denn aus einem Briefe des Boyle vom 3ten November jenes Jahres an den Secretair der Londoner Societät der Wiſſenſchaften ſieht man, daß Weingeiſt die Lichtſtrahlen ſtärker bricht, als Waſſer, obgleich er ſpecifiſch leichter iſt, und daß das noch leichtere Terpentinöhl ſelbſt eine ſtärkere Brechung bewirke als Salzwaſſer. Man ſuchte auch ſchon das Verhältniß dieſer verſchiedenen Brechung zu beſtimmen. Hook, de la Hire und andere Naturkundige beſtätigten jene Entdeckungen bald durch eigne Verſuche. Experimente mit vielen durchſichtigen Flüſſigkeiten ſtellte Hawksbee an. Euler that dies in der Folge mit noch mehr durchſichtigen Körpern und mit viel größerer Genauigkeit. De Chaulnes ſuchte vorzüglich genau die Brechungskraft des Glaſes auszumitteln.

Von der Zeit an ſagten genaue Naturforſcher, wenn von der Brechung der Lichtſtrahlen die Rede war, immer: Strahlen, die aus einem ſchwächer ziehenden in ein ſtärker ziehendes Mittel einfahren, werden mehr gebrochen; und Barrow zeigte zuerſt, daß Strahlen, welche aus Luft in Glas, Waſſer, Weingeiſt und Oehle hineinfahren, nach dem Perpendikel (dem Einfallslothe) zu, und, wenn ſie wieder herausfahren, von dem Perpendikel hinweg gebrochen werden.

§. 210.

Die hauptſächlich für Aſtronomen ſo wichtige und ſchon von Tycho de Brahe und Walther mit beſonderer Aufmerkſamkeit betrachtete, Strahlenbrechung in der Luft (§. 207.) beſchäftigte vom Ende des ſiebzehnten Jahrhunderts an manche ſcharfſinnige Mathematiker. So gab ſich de la Hire viele Mühe, ein beſtimmteres Geſetz dafür zu entdecken. Er glaubte annehmen zu können, der Weg des Lichtſtrahls durch die Atmoſphäre ſey eine Cycloide, wobei er vorausſetzte, die Dichtigkeit der Luft verhalte ſich wie das Gewicht (der Luftſchichten) ſelbſt, womit ſie zuſammengedrückt wird. Hermann, Taylor und andere zeigten bald, daß de la Hire ſich geirrt habe.

Bouguer beſtimmte in einer Pariſer Preißſchrift vom Jahr 1729 die Curve, welche ein ſchief durch die Atmoſphäre gehendes Lufttheilchen beſchreibt, und verfertigte darnach eine Tafel der aſtronomiſchen Refractionen für alle Grade der Höhe eines Geſtirns. Dieſer Tafel fehlte aber die erforderliche Genauigkeit. Einige Jahre nach Bouguers Tode gab Bradley eine ſehr einfache und bequeme Formel zur Berechnung der aſtronomiſchen Strahlenbrechung.

§. 211.

Lambert ſtellte über die brechende Kraft der Luft genaue Beobachtungen an, wodurch er im Stande war, beim Höhenmeſſen der Berge manche glückliche Correctionen vorzunehmen. Hierbei ſetzte Lambert aber eine Unveränderlichkeit der Brechungskraft der Luft oder einen gewiſſen mittlern Zuſtand der Luft voraus. Wie bedeutend ſich oft die brechende Kraft der Atmoſphäre verändert, beobachtete ſchon zu

damaliger Zeit der Engländer Nettleton. Euler nahm ſehr genaue Unterſuchungen über die brechende Kraft der Luft vor, in ſo fern Wärme- und Elaſticitäts-Veränderung darauf einwirkte. Er zeigte, daß die Brechung, bis auf eine beträchtliche Entfernung vom Scheitel hin, ſich hinlänglich genau wie die Tangente dieſer Entfernung verhalte, und daß ſie mit den Barometerhöhen in einem geraden, mit den Unterſchieden der Thermometerhöhen in einem verkehrten Verhältniß ſtehe. Nur wenn die leuchtenden Himmelskörper nahe am Horizonte ſich befinden, wachſen die Abweichungen ſchneller, vornehmlich bei veränderter Wärme. Was Mitchel, Muſſchenbroek, Melville u. a. über das Blinkern der Fixſterne beibrachten, war zum Theil ſehr ſcharfſinnig; aber erſt ſpäter gab man darüber einfachere und wahrſcheinlichere Erklärungen, die nicht blos auf der ungleichen Brechung des Lichts, ſondern auf der ungeheuren Entfernung der Fixſterne beruhten, welche dieſe Himmelskörper, ſelbſt in ſehr guten Fernröhren, nur als einen bloßen ungemein glänzenden Lichtpunkt erſcheinen laſſe.

§. 212.

Kannte man die Geſetze der Brechung, ſo konnte man auch die Wirkung der kugelförmigen oder Linſen-Gläſer in Hinſicht des Brennens, Vergrößerns, Vernäherns ꝛc. leichter erklären. Was Maurolycus, Porta und einige andere ältere Optiker hierin geleiſtet haben, war nicht bedeutend. Erſt Kepler that hierin einen großen Schritt vorwärts. Er war es, der zuerſt eine deutliche Erklärung des Effekts der Linſengläſer gab, wie die converen Linſen die Strahlen ſammlen, die concaven ſie zerſtreuen. Seine Wer-

ke über die optiſchen Wiſſenſchaften allein (ſeine 1604 zu Frankfurt herausgekommenen Paralipomena ad Vitellionem und ſeine 1611 zu Augsburg erſchienene Dioptrice) würden ſchon ſeinen Namen verewigen, wenn er auch um keine andern Zweige der Mathematik Verdienſt gehabt hätte.

Kepler zeigte unter andern Folgendes: Wenn ein Planconverglas mit der ebenen Seite Strahlen auffängt, die mit der Axe parallel ſind, ſo werden dieſe hinter der converen Seite in einer Entfernung vereinigt, welche dem Durchmeſſer dieſer erhabenen Seite gleich iſt; und wenn ſolche parallele Strahlen in ein auf beiden Seiten gleich erhabenes Glas fallen, ſo vereinigen ſie ſich in dem Mittelpunkte der Oberfläche. Für Gläſer, deren Flächen ungleich erhaben ſind, gab er keine eigentliche Regel; er ſagte nur, daß hier der Brennpunkt dem Glaſe näher als drei Halbmeſſer der Vorderfläche und auch näher, als zwei Halbmeſſer der Hinterfläche läge. Die Beſtimmung dieſes Punktes hat man mehrere Jahre ſpäter dem Cavaleri zu danken. Die Regel dieſes, 1647 zu Bologna geſtorbenen, berühmten Mannes war: Wie ſich verhält die Summe der Durchmeſſer der beiden Flächen des Glaſes zu einem derſelben, ſo verhält ſich der andere zu der Brennweite oder zu der Entfernung des Vereinigungspunktes der parallelen Strahlen vom Glaſe. Bei Convergläſern liegt der Brennpunkt hinter dem Glaſe, und die Strahlen kommen wirklich in ihm zuſammen; bei Concavgläſern aber liegt er vor dem Glaſe und die Strahlen fahren hinter demſelben ſo auseinander, als wenn ſie von jenem Punkte hergekommen wären. Hier iſt alſo der Brennpunkt nur ein eingebildeter.

§. 213.

Wußte man dies, ſo konnte man auch ſchon beurtheilen, wie ein Linſenglas die Richtung der Strahlen ändert, wenn ſie nicht parallel einfallen. Wenn z. B. Strahlen aus dem Brennpunkte eines convexen Glaſes kommen, ſo müſſen ſie hinter dem Glaſe parallel ausfahren; wenn ſie aus einem Punkte zwiſchen dem Brennpunkte und dem Glaſe herkommen, ſo bleiben ſie nach der Brechung auseinander fahrend, aber nicht ſo ſtark, wie vorher; und wenn ſie von einem Punkte herkommen, der weiter, als der Brennpunkt, vom Glaſe liegt, ſo muß ihr Vereinigungspunkt jenſeits des Brennpunktes auf der andern Seite des Glaſes liegen.

Kepler machte noch die beſondere Bemerkung, daß Strahlen, die von einem Punkte in der doppelten Entfernung des Brennpunktes vor dem Glaſe ausfahren, in derſelben Entfernung hinter dem Glaſe ſich vereinigen werden. Spätere optiſche Schriftſteller, vornehmlich Barrow, gingen noch genauer zu Werke; ſie gaben den Vereinigungspunkt für jede Entfernung eines leuchtenden Körpers oder Punktes von dem Glaſe an. Sie ſtellten für jedes Converglas die Regel feſt: der Unterſchied der Entfernung eines leuchtenden Punktes vom Glaſe und der Brennweite verhält ſich zur Brennweite, wie jede Entfernung zur Weite des Vereinigungspunktes hinter dem Glaſe.

§. 214.

Waren dieſe Geſetze gründlich bekannt, ſo konnte man auch leicht die Wirkung der Fernröhre, der Mikroſkope, der Zauberlaternen ꝛc. begreifen. Das Bild, welches irgend ein Glas von einem Gegenſtande dar-

ſtellt, fällt immer an denjenigen Ort, wo die Summe (oder doch der größte Theil) der von dem Glaſe gebrochenen und herausgefahrnen Strahlen des Gegenſtandes ſich vereinigen, oder von welchem ſie, wenn das Auge ſie empfängt, auszulaufen ſcheinen. Und immer erſcheint ein Gegenſtand ſo viel mal vergrößert, als der Winkel größer wird, unter welchen man den Gegenſtand ſieht. Durch mehrere Gläſer nun, wovon das eine die ſchon einmal gebrochenen Strahlen des vorhergehenden ꝛc. auffängt und noch einmal bricht, kann bei Fernröhren und zuſammengeſetzten Mikroſkopen das Einfallen der aus dem letzten Glaſe (dem Okularglaſe) kommenden Strahlen in das Auge ſo beſchaffen ſeyn, daß der Gegenſtand unter einen viel größern Winkel geſehen, folglich für das Auge bedeutend vernähert wird.

Was auf dieſe Art bei Erklärung des Effekts der Fernröhre, Mikroſkope ꝛc. Kepler geleiſtet hat, iſt in der Folge von Barrow, Smith, Priſtley u. a. noch genauer dargeſtellt, berichtigt und mannigfaltiger ausgedehnt worden.

§. 215.

Die Stärke der Vergrößerung eines Fernrohrs (auch eines Mikroſkops ꝛc.) ſuchte man im Anfange durch Erfahrung auszumachen, indem man mit einem Auge durch das Inſtrument nach einem Gegenſtande von bekannter Größe und Entfernung hinſah und das Bild mit einer andern Sache verglich, die man mit bloßem Auge erblickte. So prüfte Hawksbee die vergrößernte Kraft ſeines Teleſkops, und ſo verfuhren auch Foikes, Jurin u. a.

Seit der Mitte des ſiebzehnten Jahrhunderts wußte man ſich zu demſelben Zweck ſchon der Mikrometer

zu bedienen, welche man auch oft anwendet, die wahre Größe des Gegenſtandes ſelbſt zu finden. Man verſteht unter Mikrometer allerlei in dem optiſchen Inſtrumente angebrachte mechaniſche Einrichtungen, wodurch man das Bild des Gegenſtandes in dem Brennpunkte des Objektivglaſes zu meſſen im Stande iſt.

§. 216.

Gaſcoigne, welcher ſich vor den bürgerlichen Kriegen in England ſchon dadurch bekannt gemacht hatte, daß er die Dioptern an Quadranten mit dem Fernrohre vertauſchte, und ums Jahr 1640 eine leider! verloren gegangene Optik ſchrieb, ſoll zuerſt ein Mikrometer erfunden haben. Das Inſtrument kam glücklicher Weiſe in die Hände des Townsley und wurde auch von Hook geſehen. Erſterer verſicherte, man könne damit einen Fuß in 40000 Theile theilen. Mit dem Bilde im Brennpunkte des Fernrohrs geſchah das Theilen durch die Bewegung zweier metallener Platten, die ſehr ſcharfe Ecken hatten. Dieſe Vorrichtung machte das Mikrometer aus. Hook ſchlug als ſolches zwei feine parallel geſpannte Haare vor.

Huyghens Mikrometer beſtand wieder aus dünnen Platten mit ſcharfen Kanten; Newton zeigte bald deſſen Unvollkommenheiten. Malvaſia bediente ſich ums Jahr 1662 dazu eines Gitters von feinem Silberdraht, das in dem gemeinſchaftlichen Brennpunkt des Objektiv- und Okularglaſes gebracht wurde. Auzout und Picard gebrauchten dazu im Jahr 1666 ſehr feine Seidenfäden, die gitterartig zuſammengefügt waren. Ein ſolches Fadengitter lobte beſonders de la Hire zur Meſſung der Größe einer Son-

nen- und Mondfinſterniß. Caſſini nahm vier Kreuzfäden; Martin, Smith u. a. feine Glastäfelchen mit Parallellinien, die mit Diamant darauf eingeriſſen waren. Und ſo wurden bald nachher noch andere Mikrometer von Kirch, Hecker, Römer, Savery, Bouguer ꝛc. bekannt.

§. 217.

Vorzüglich berühmt wurden im achtzehnten Jahrhundert die Mikrometer des Tobias Mayer vom Jahr 1748 mit Parallellinien; des Fontana vom Jahr 1778 mit Fäden von Spinnweben; des Pickel vom Jahr 1772 aus einem Rautennetze, von Fäden gebildet; und des Brander vom Jahr 1769 mit ungemein feinen Strichen auf Glas. Ein ſolcher Strich war kaum $\frac{1}{200}$ einer Linie oder $\frac{4}{10000}$ eines Zolls breit. Auch Höſchel, ebenfalls in Augsburg, machte nachher ſolche feine Glas-Mikrometer.

Kirchs Mikrometer vom Jahr 1696 war ein Schrauben-Mikrometer. Dieſes wurde in der Folge von Hevel, Auzout, Römer, Caſſini, Bradley u. a. verbeſſert. Segner ſuchte im Jahr 1751 das Feld im Mikrometer zu erweitern; Brander im Jahr 1774 und Helfenzrieder im Jahr 1773 ebenfalls. Bouguer erfand vor dem Jahre 1748 ſein Objectiv-Mikrometer, welches er Heliometer nannte. Dollond und Short verbeſſerten dies Mikrometer bedeutend.

§. 218.

Bouguers Objectiv-Mikrometer hatte neben einander zwei Objectivgläſer von einerlei Brennweite. Dieſe Objectivgläſer konnten einander genähert oder von einander entfernt werden. Sie gaben daher von einem und demſelben Gegen-

ſtande zwei Bilder. Die beobachtete Entfernung der Objecte im Fernrohre mit dem dazu gehörigen Abſtande der Mittelpunkte der Gläſer verglichen, gaben ein Mittel an die Hand, den ſcheinbaren Winkel der Entfernung entlegener Gegenſtände zu beſtimmen, woraus man denn die Größe derſelben herzuleiten vermochte.

Dollond und Short nahmen ein mitten von einander geſchnittenes Objectivglas und gaben den beiden Hälften ſolche Einfaſſungen, daß ſie in horizontalen parallelen Linien konnten auseinander gezogen, folglich in verſchiedene Entfernungen gebracht werden. So konnte man auch hier ein doppeltes Bild erhalten und durch ähnliche Schlüſſe, wie beim Bouguerſchen Inſtrumente, das Verlangte finden.

Rochons Mikrometer gehört unter die neueſten. Es iſt ebenfalls ein ſolches mit Doppelbildern, und beſteht aus zwei gleichen Prismen von Bergcryſtall oder Doppelſpath, die ſo aneinander gefügt ſind, daß die brechenden Winkel entgegengeſetzte Lagen haben.

§. 219.

Eine merkwürdige Art von Brechung der Lichtſtrahlen fand Bartholin in Kopenhagen um die Mitte des ſiebzehnten Jahrhunderts zuerſt im rhomboidaliſchen ſogenannten Isländiſchen Doppelſpath, einem weißen durchſichtigen Mineral. Betrachtete er dadurch Gegenſtände, ſo erſchienen dieſe dem Auge, in gewiſſer Lage deſſelben einfach, in anderer doppelt, auch wohl mehrfach.

Bartholin machte allerlei optiſche Beobachtungen an dieſem Mineral, indem er es bald ſo, bald anders legte, bald drehte ꝛc.; und da veränderten ſich auch immer die durch

Brechung der Lichtſtrahlen hervorkommenden Erſcheinungen. Huyghens ſetzte dieſe Beobachtungen des Bartholin's fort; und da brachte er noch manche neue Entdeckungen zum Vorſchein. Er beſtimmte auch die Figur dieſes ſonderbaren Minerals genauer und ſuchte die Erſcheinungen darin zu erklären. Dieſe Erklärung genügte aber nicht. Erſt Newton erklärte die ungewöhnliche Brechung des Cryſtalls beſſer und einfacher aus der Lage der brechenden Flächen und der Verſchiedenheit der Winkel, welche die Flächen gegen einander bilden. Beccaria, s'Graveſande, Martin und ſpätere Naturkundige machten zu Newtons Erklärung noch verbeſſernde Zuſätze. Unter den Neuern haben beſonders Hauy, Malus, Biot und Wollaſton Unterſuchungen über die doppelte Strahlenbrechung angeſtellt.

§. 220.

Was die Alten, z. B. Plutarch, von Farben anführten, waren nur unvollſtändige zum Theil ſeltſame Begriffe. Nur Epicur äußerte darüber einen beſſern Gedanken, daß nämlich die Farben nichts Eigenthümliches der Körper ſeyen, ſondern blos aus gewiſſen Lagen ihrer Theilchen gegen das Auge entſtänden. Lucretius ſuchte dies durch die Farben an den Hälſen der Tauben und in den Schwänzen der Pfauen zu erläutern; und Seneka bemerkt ſchon, daß das Licht der Sonne, welches durch ein eckigtes Stück Glas falle, alle Farben des Regenbogens ſpiele. Er nennt dieſe Farben falſche Farben, wie man ſie auch an den Hälſen der Tauben ſähe, die mit der Lage des Halſes ſich veränderten. Was Ariſtoteles über Farben ſagte, konnte wenig genügen, wenn es auch ſcharfſichtig ausgedacht war.

Von der Zeit an bis auf Carteſius kam über die Theorie der Farben nichts Bemerkenswerthes zum Vorſchein.

Aber auch die Vorſtellung des Descartes von den Farben war irrig, weil ſie auf einer falſchen Theorie vom Lichte beruhte. Descartes eignete dem Lichte zweierlei Arten von Bewegungen, eine geradlinichte und eine drehende zu. Er meinte, wenn die drehende ſtärker als die geradlinichte wäre, ſo müßte die rothe Farbe entſtehen; wenn die geradlinichte ſtärker wäre, ſo entſtände die blaue; und wenn beide Bewegungen gleich wären, die gelbe. Aus dieſen drei Farben ließ er die übrigen durch verhältnißmäßige Miſchungen ſich erzeugen. Zwiſchen Schwarz und Weiß machte er den nicht unrichtigen Unterſchied, daß das Schwarze die Farben erſticke oder erlöſche, das Weiße aber ſich zurückwerfe. Da er das Licht als die Bewegung eines flüſſigen Weſens und mit dem Schalle ähnlich ſich dachte, ſo verglich er die dem Auge ſo angenehme grüne Farbe mit der Octave in der Muſik, die übrigen Farben mit den künſtlichen Accorden eines muſikaliſchen Stücks.

§. 221.

Im Jahr 1680 trat Boyle mit ſeiner Farbenlehre auf. Er war es, welcher die erſten ordentlichen Farben-Verſuche anſtellte. Er zog aus den Reſultaten dieſer Verſuche unter andern den Schluß, daß die Farben, auch die allerlebhafteſten, blos auf der Oberfläche der Körper ſich befänden, daß ſie blos in einer Modifikation des von der Oberfläche zurückgeworfenen Lichts beſtänden und keine inhärirende Eigenſchaften der Körper ſelbſt ausmachten. Die Lage der Theilchen auf der Oberfläche wären, nach ſeiner Meinung, die Urſache von

dem Farbenſpiel. Er machte hierbei auf farbigte Tinkturen, auf gefärbte Körper, auf Pflanzen, angelaufenen Stahl, den Regenbogen ꝛc. aufmerkſam, ſowie auf die Verſchiedenheit des Farben-Eindrucks für das Auge beim Sonnen- und Mondlicht u. dgl.

Hooks Erklärungen lauteten wieder anders, und zwar weniger einfach und natürlich. Nur zwei Hauptfarben nahm dieſer berühmte Mann an: Blau und Roth. Die übrigen wären aus Vermiſchungen jener beiden zuſammengeſetzt. Auch de la Hire ſuchte eine neue Farbentheorie zu bilden, wobei die Verſchiedenheit der Lichtſtärke beim Treffen des Sehenervens die Verſchiedenheit der Farben hervorbringen ſollte. Dem Newton allein ſollte es aber vorbehalten bleiben, ſchon als Entdecker der wahren Farbentheorie unſterblichen Ruhm einzuerndten.

§. 222.

Newton gründete ſeine Farben-Theorie auf die von ihm im Jahr 1666 entdeckte verſchiedene Brechbarkeit der Lichtſtrahlen. Als er ſich damals mit Schleifung optiſcher Gläſer beſchäftigte, da verfertigte er unter andern auch ein dreieckigtes gläſernes Prisma, womit er folgende Experimente anſtellte: Er ließ in einem durch Läden verfinſterten Zimmer ein Büſchel Lichtſtrahlen durch eine kleine runde Oeffnung fallen. Dieſe Lichtſtrahlen fing er mit jenem gläſernen Prisma auf, welches er ſo den Strahlen entgegen gehalten hatte, daß ſeine eine Seitenfläche eine horizontale Lage hatte. Die beiden andern Seiten, in die der Strahlenbüſchel ein- und ausfiel, waren alſo nicht parallel. Die Strahlen gingen gebrochen durch das Prisma hindurch; aber der Büſchel behielt hinter

dem Prisma nicht die Dicke bei, welche er vor dem Einfallen hatte, ſondern war in ſieben gefärbte Strahlen gleichſam geſpalten, ſo, daß er auf einem weißen Papiere ein Farbenbild aus Roth, Orange, Gelb, Grün, Helblau, Dunkelblau und Violet (von unten nach oben gerechnet) darſtellte. Newton ließ einen von dieſen ſieben farbigten Strahlen durch ein kleines in dem Papiere angebrachtes Löchelchen auf ein zweites Prisma fallen; der Strahl ging hindurch, wurde gebrochen, hatte aber beim Herausfahren ſeine Farbe gar nicht verändert. Aber alle ſieben gefärbte Strahlen, mit einem Brennglaſe aufgefangen, wurden wieder zu einem weißen Strahlenbüſchel vereinigt.

Aus dieſen Verſuchen zog Newton folgende Schlüſſe: Das weiße Licht iſt kein einfaches, ſondern ein aus den genannten ſieben Farben zuſammengeſetztes Licht. Jene ſieben Farben ſind einfache Farben, Grundfarben, die in der Vermiſchung immer Weiß ausmachen; aber von einander getrennt oder geſpalten, einzeln farbigt erſcheinen. Dies Zerſpalten geſchieht in dem Prisma deswegen, weil die verſchiedenen farbigten Strahlen eine verſchiedene Brechbarkeit beſitzen; der rothe Strahl wird am wenigſten gebrochen, der violette am meiſten. — Seine Experimente wiederholte Newton mit mancherlei Abänderungen und größter Vorſicht. Er konnte aber dadurch immer nur auf dieſelben Reſultate geführt werden. — Ein ſolches Farbenbild, wie Newton es erhielt, hatte übrigens ſchon vor dieſem Grimaldi bemerkt, aber ohne davon eine gehörige Erklärung zu geben.

§. 223.

Kaum hatte Newton ſeine Farbentheorie bekannt gemacht, als ſich auch ſchon mehrere Gegner gegen dieſelbe aufſtellten. Unter dieſen war Hook einer der erſten und heftigſten. Er behauptete, die Hypotheſe des Descartes ſey viel wahrſcheinlicher, wonach die Farben nur in Schwingungen eines ätheriſchen Mittels beſtänden. Pardies und Mariotte ſtritten ebenfalls heftig gegen Newtons Theorie; der erſtere aber wurde bald durch Newton ſelbſt zu einer andern Einſicht gebracht und für dieſen ungeſtimmt. Auch Mariotte wurde mit ſeiner Meinung in die Enge getrieben. Daſſelbe geſchah mit dem Italiener Rizetti.

Deſaguliers Verſuche über denſelben Gegenſtand hatten Newtons Theorie in ein noch helleres Licht geſetzt, und die meiſten Naturforſcher traten dem großen Britten unbedingt bei. Der berühmte Göttingiſche Aſtronom Tobias Mayer machte um die Mitte des achtzehnten Jahrhunderts gleichfalls lehrreiche Verſuche über die Farben. Er glaubte daraus abnehmen zu können, es gäbe nur drei einfache Farben oder Grundfarben, nämlich Roth, Gelb und Blau; die übrigen vier, welche Newton durch ſein Prisma erhielt, wären nur durch eine Vermiſchung von jenen ent- entſtanden. Ums Jahr 1792 machte Wünſch zu Frankfurt an der Oder viele Farben-Verſuche. Auch er ſtellte nur drei Grundfarben auf; aber Roth, Grün und Violet. Dadurch konnte Newtons Theorie freilich nicht widerſprochen werden.

§. 224.

Kurz vor dem Jahre 1791 ließ es von Göthe ſehr

angelegen ſich ſeyn, die farbigten Säume und Ränder zu beobachten, welche man ſieht, wenn helle Körper auf ſchwarzem und dunkle Körper auf hellem Grunde betrachtet werden. Er meinte, zur Erklärung dieſer Phänomene reiche Newtons Farbentheorie nicht aus; hierin irrte er aber, wie bald nachher Gren und andere ihm zeigten.

Als ein Hauptgegner von Gewicht trat von Göthe eigentlich erſt im Jahr 1810 (in ſeiner Farbenlehre) gegen Newton auf. Er erklärte da die Farben-Erſcheinungen überhaupt aus dem Gegenſatze zwiſchen Licht und Finſterniß. Er meinte, das Licht werde entweder durch ein trübes Mittel geſehen, oder hinter einem beleuchteten Mittel befände ſich die Finſterniß als ein Hintergrund. Im erſteren Falle erſchiene das Licht bei geringer Trübung des Mittels gelb, und ginge bei zunehmender Trübung in Gelbroth und Roth über. Wenn man hingegen durch ein weiß erleuchtetes Trübe in die Finſterniß des unendlichen Weltraumes hin ſähe, ſo erſchiene dieſer bei dichter Trübung bläulich, bei weniger von dieſer Trübung aber nähme die Bläue an Tiefe zu und verlöre ſich ins Violette. Was nun aber die prismatiſchen Verſuche (§. 222.) betraf, ſo erklärte ſie Göthe durch eine Verrückung des Hellen über das Dunkele und aus einer Bedeckung des Hellen durch das Dunkele. Pfaff verglich im Jahr 1813 mit Scharfſinn Newtons Farbentheorie und Göthes Farbenlehre mit einander.

Nach Eulers Theorie beſtänden die Farben blos aus ſchnellern oder langſamern Schlägen des Lichts; z. B. die rothen aus ſchnellern, die blauen aus langſamern Schlägen ꝛc., die auch den verſchiedenen Körpern der Erde mitgetheilt wür-

den. Dieſe und andere Theorien, wie z. B. diejenige des Hube, des Voigt ꝛc. haben zu viel Willkührliches und ſind zu vielen Zweifeln ausgeſetzt, als daß man ſie der Newtonſchen vorziehen könnte.

§. 225.

Betrachtet man Körper durch gefärbte transparente Gläſer, ſo erſcheinen ſie, nach Newtons Theorie, dem Auge von derjenigen Farbe, welche die Gläſer hindurchlaſſen, z. B. Roth, wenn nur der rothe, Gelb, wenn nur der gelbe Strahl ꝛc. hindurchfährt. Was Monge und andere dagegen eingewendet haben, konnte Newtons Theorie keineswegs zernichten. Daſſelbe war auch der Fall mit der Erklärung, warum gefärbte undurchſichtige Körper mit dieſer oder jener Farbe erſcheinen, worüber auch Boscowich ſcharfſinnige Betrachtungen anſtellte. Das Pigment (Pigmentum) beſitzt nämlich die Eigenſchaft, von dem auffallenden Lichte nur einen Strahl (oder auch wohl einige vermiſchte Strahlen) ins Auge zurückzuwerfen, die übrigen aber einzuſchlucken oder auszulöſchen oder auf irgend eine Art bei ſich zu behalten. Daher erſcheint der Körper dem Auge nur mit der Farbe (Color) des zurückgeworfenen Strahls. So erſcheinen z. B. mit Zinnober, mit Cochenille ꝛc. gefärbte Strahlen Roth, weil dieſe Pigmente die Eigenſchaft beſitzen, nur den rothen Strahl des beim Auffallen zerſpalteten Lichts zurückzuwerfen. So erſcheinen mit Indig gefärbte Körper Dunkelblau, weil ſie nur den dunkelblauen Strahl ins Auge reflectiren ꝛc. Bis auf den heutigen Tag hat man dieſe Erſcheinungen nicht beſſer und einfacher zu erklären gewußt.

§. 226.

Schon im ſechszehnten Jahrhundert hatte der berühmte Maler Lionardo da Vinci die Idee von einer wiſſenſchaftlichen Miſchung der Farben aus gewiſſen einfachen. Le Blond und Caſtel verrichteten dies vor Mayer und Wünſch, aus drei Farben (Roth, Gelb und Blau). Zahn kam ſchon ums Jahr 1685 auf den Gedanken, die Zuſammenſetzung der Farben in ein Dreieck zu ordnen, aber nicht aus drei, ſondern aus fünf Hauptfarben, Roth, Gelb, Blau, Schwarz und Weiß. Daß letztere keine Farben (Colores) waren, wußte er noch nicht. Da auch Tobias Mayer auf die Verfertigung eines ſolchen Farben-Dreiecks aus drei Pigmenten verfiel, welches er im Jahr 1750 der königlichen Societät der Wiſſenſchaften zu Göttingen vorlegte, ſo wurden noch andere Gelehrte für denſelben Gegenſtand empfänglich gemacht, namentlich Schäffer, Schiffermüller, Lambert und Lichtenberg. Letzterer insbeſondere verfolgte Mayers Idee weiter und legte im Jahr 1774 der Göttinger Societät ein ſehr ſchönes Farbendreieck vor. — In praktiſcher Hinſicht mußten dieſe Bemühungen für Maler und Färber einen beſondern Nutzen haben.

Sogar ein Farben-Clavier gab Caſtel an. Aber ſchon Mairan zeigte, daß dies Unternehmen mehr ein Werk der Einbildung ſey, wegen der großen Unähnlichkeit der Farben und Töne in gar vielen Stücken.

§. 227.

Die Verſchiedenheiten oder Veränderungen der Farben bei dicken oder dünnen durchſichtigen Körpern von übrigens

einerlei Art, z. B. bei einer mehr oder weniger tiefen gefärbten Flüſſigkeit, ſowie das unterſchiedliche Farbenſpiel, das Opaliſiren oder Schillern mancher dünner Körper, wie der Seifenblaſen, dünner geblaſener Gläſer, der Fiſchſchuppen ꝛc. beſchäftigte manche Naturforſcher, wie Boyle, Newton ꝛc. Unterſuchungen über farbigte Ringe an dünnen Blättchen ſtellte Newton ebenfalls an, ſowie ſpäter Mazeas, du Tour und de Chaulnes in Frankreich, Muſchenbroek in Holland u. a.; in der neueſten Zeit beſchäftigte ſich auch unſer Göthe damit. Biot brachte jene Erſcheinungen mit der Polariſation des Lichts (§. 235.) in Verbindung.

Ueber gefärbte Schatten hat in der neuern Zeit Graf Rumford einige merkwürdige Verſuche angeſtellt. Solche Schatten entſtehen, wenn einerlei Körper, durch zwei ſehr verſchiedene Lichter, z. B. durch ſchwaches Tageslicht und durch Kerzenlicht beleuchtet, zwei Schatten auf ein weißes Papier wirft. Eben ſo merkwürdig ſind die von Herſchel hinter dem Prisma zuerſt entdeckten unſichtbaren dunkeln blos erwärmenden Sonnenſtrahlen. Derſelbe verdiente Mann fand auch, daß unter den verſchiedenen farbigten Strahlen die rothen am ſtärkſten, die violetten am wenigſten erwärmen. Durch Verſuche des Engelfield, Davy, Wollaſton, Böckmann, Wünſch, Berard u. a. wurde dieſe Entdeckung beſtätigt.

§. 228.

Newtons Entdeckungen gaben nun auch die Mittel an die Hand, die Entſtehung der Farben zu erklären, welche man um den Bildern der Fernröhre, als eine Art Säume,

ſah und welche ſpäter Dollond durch ſeine achromatiſchen Objectivgläſer (§. 175 f.) hinwegſchaffte. Beſonders leicht war nun aber auch die Erklärung der Regenbogen-Farben.

Ariſtoteles, welcher auch ſchon von dem mattern Neben-Regenbogen ſpricht, läßt den Regenbogen durch Zurückwerfung der Sonnenſtrahlen entſtehen; es kämen dadurch, meinte er, eine große Anzahl Sonnenbilder zum Vorſchein, deren jedes unvollkommen ſey und nur Farben zeige, weil die Kleinheit jedes Regentropfens kein ſichtbares Bild geben könne. Seneka glaubte, der Regenbogen ſey das von einer hohlen und feuchten Wolke zurückgeworfene Bild der Sonne, welches wegen der Figur des hohlen Wolken-Spiegels vergrößert und lang ausgezerrt erſchiene. Solche und andere eben ſo ſeltſame, wenigſtens ſehr mangelhafte, Erklärungen kamen ſpäter, ſelbſt nach der Zeit, wo die Wiſſenſchaften wieder hergeſtellt wurden, noch immer zum Vorſchein.

§. 229.

Im Jahr 1501 behauptete Joſſe Clichove in Frankreich, daß der Nebenregenbogen ein Bild des Hauptregenbogens ſey, weil ſich die Farben an ihm in umgekehrter Ordnung zeigen, eben ſo, wie man am Ufer die Bilder von Gegenſtänden im Waſſer ſähe. Meiſtens dachte man damals und etwas ſpäter nur an Zurückſtrahlung des Lichts. Porta hingegen erklärte die Farben des Regenbogens durch Brechung der Strahlen, aber nicht in einzelnen Tropfen, ſondern in der ganzen Maſſe des Regens. Maurolycus hatte gleich nach der Mitte des ſechszehnten Jahrhunderts ſogar ſchon die Größe der Winkel feſtgeſetzt, unter welchen,

ſowohl bei dem Hauptregenbogen, als auch bei dem Nebenregenbogen die Sonnenſtrahlen von der Wolke ins Auge gelangen. Er war auch der erſte, welcher ſieben Farben im Bogen zählte. Früher hatte man immer weniger, die Alten hatten nur drei angenommen. Auch Johann Fleiſcher, Prediger in Breslau und Markus Anton de Dominis, Biſchof zu Spalatro, gaben ſich, erſterer im Jahr 1511, letzterer 1611, viele Mühe, den Regenbogen aus Brechung und Zurückwerfung zugleich zu erklären; de Dominis erklärte nur fälſchlich den äußern Regenbogen eben ſo, wie den innern.

So war man doch wenigſtens der richtigen Erklärung dieſes Phänomens immer näher gekommen. Descartes, der bei ſeiner Theorie des Regenbogens in der Hauptſache die Grundſätze des Dominis angenommen hatte, gab zuerſt die Erklärung, daß der äußere Regenbogen durch zweimalige Brechung und zweimalige Zurückwerfung der Sonnenſtrahlen geſchehen werde. Beſonders ſuchte er auch die Winkel zu entdecken, unter welchen die verſchiedenen farbigten Strahlen in unſere Augen gelangen. Hätte Descartes nicht gleiche Brechbarkeit der verſchiedenen farbigten Strahlen angenommen, ſo wäre ſeine Erklärung noch vollſtändiger geweſen. Die erſchöpfende Erklärung ſollte aber unſerm Newton vorbehalten bleiben.

§. 230.

Die Entdeckungen des Newton über die verſchiedene Brechbarkeit des Lichts ſtellten die Urſache des herrlichen Phänomens und die dabei ſtatt findende Ordnung auf eine einfache und überzeugende Art dar. Die vor der Sonne lie-

genden Regentropfen brechen die Sonnenſtrahlen und zerſtreuen ſie, wie das Prisma (§. 122.), in ihre ſieben Farben. Die farbigten Strahlen fallen auf die dahinter liegende dunkele Regenwand, werden von dieſer nach allen vor ihr liegenden Gegenden zurückgeworfen, und kommen alſo auch in das Auge des Beobachters. Newton berechnete die Winkel, unter welchen die meiſten Strahlen von jeder Farbe in's Auge kommen. Hieraus zeigte er deutlich genug, wie jeder farbigte Strahl einen eignen Kreisbogen bildet, welcher mit den übrigen concentriſch iſt; auch legte er die Urſache dar, warum im Hauptregenbogen der violette Strahl inwendig und der rothe auswendig, im Nebenregenbogen hingegen dies Alles verkehrt iſt.

Halley, Hermann, Johann Bernoulli und de Courtivron haben ihre mathematiſchen Kenntniſſe auch auf den Regenbogen anzuwenden geſucht, und Langwith, Menzel, Jacob Bernoulli, Webb, Bouguer, le Gentil, Fouchy, Pemberton, Boscowich, Klügel, Hellwag, Hube, Edwards u. a. haben durch manche neue Unterſuchungen und Beobachtungen über den Regenbogen die Theorie deſſelben noch mehr zu erläutern und zu befeſtigen geſucht. — Einen dritten Regenbogen ſah Halley im Jahr 1698 zu Cheſter, und der Schwede Celſius im Jahr 1743 in Dalekarlien. Mondregenbogen, welche eben ſo, wie die gewöhnlichen Regenbogen, aber durch das Licht des Mondes entſtehen, führte ſchon Ariſtoteles an. Und ſo giebt es ja auch Regenbogen in den feinen herunterfallenden Tropfen einer Fontaine, in einem dunſtigen Zimmer um eine Lichtflamme herum ꝛc. Letztere ſind freilich mehr eine

Art Höfe, wie wir ſie nicht ſelten um Sonne, Mond und Sterne erblicken.

§. 231.

Die Höfe um Sonne, Mond und Sterne ſind helle farbigte Ringe, aber mit viel mattern Farben wie diejenigen der Regenbogen. Auch um Lichtflammen herum ſieht man oft ſolche Höfe an dunſtigen Orten. Schon Ariſtoteles redet von ſolchen Höfen; er bemerkt unter andern, daß ein Hof (Halo) ein völliger Kreis um die genannten Himmelskörper ſey, der, eben ſo wie die Nebenſonnen und Nebenmonde, durch Zurückwerfung der Lichtſtrahlen in unſerer Atmoſphäre erzeugt werde.

In der neuern Zeit beobachteten vornehmlich Descartes, Huyghens, Newton, Weidler, Middleton, Muſſchenbroek, Guerike, Bouguer, Aepinus, Mallet, Hube u. a. die Höfe, die Nebenſonnen und Nebenmonde. Daß Brechung des Lichts, in Verbindung mit Zurückwerfung, in unſerer Atmoſphäre die Erſcheinungen uns vor die Augen ſtelle, konnte dabei nicht überſehen werden. Sogenannte Luftbilder oder Bilder von irdiſchen Gegenſtänden in der Luft (Erhebung, Seegeſicht, Fata morgana u. dgl.), wovon insbeſondere Porta und Kircher ſchon redeten, und wie wir ſie in neuerer Zeit durch Hohlſpiegel im Kleinen nachzuahmen vermögen, hatten einen ähnlichen Urſprung.

§. 232.

Ueber die Urſache der blauen Farbe des Himmels ſind nicht blos von den Alten, ſondern auch von neuern Naturforſchern manche ſeltſame Gedanken zum Vorſchein gekom-

men. Selbſt heutiges Tages, iſt die Erklärung jener Farbe noch nicht auf feſte Füße geſetzt. Fromond glaubte, die blaue Himmelsfarbe werde aus einer Miſchung von Licht und der Schwärze desjenigen Raums erzeugt, welcher hinter der Atmoſphäre ſich befände. Wolf, Muſſchenbroek u. a. ſtimmten dieſer Meinung bei. Faber leitete jene Farbe von der Zurückwerfung des Lichts an den in der Luft herumſchwimmenden Theilchen ab; und Eberhard von der eigenthümlichen blauen Farbe der Luft, die an einzelnen Schichten nur nicht bemerkt würde. Otto von Guerike und ſeine Zeitgenoſſen glaubten, ſie wäre blos eine Miſchung von Licht und Schatten. Mazeas, Büffon, Melville, Bouguer, Bequelin und noch manche andere hatten wieder verſchiedene Meinungen darüber, woran ſtets viel ausgeſetzt werden konnte.

Nach Nollet wird die blaue Himmels-Farbe von dem durch die Atmoſphäre dringenden Lichte der Sonne und der Geſtirne bewirkt, indem von dieſem Lichte die blauen Strahlen in's Auge reflectirt werden. Auch de Sauſſüre leitete dieſelbe Farbe des Himmels vom reflectirenden Lichte ab. Er meint aber, daß blos die Dünſte unſerer Atmoſphäre dieſe Art von Reflection veranlaßten; er meint, daß uns der Himmel ohne dieſe Dünſte ſchwarz erſcheinen würde.

§. 233.

Noch zu der Zeit des Descartes glaubte man, daß ein ganz nahe vor einem Körper, ohne an ihn zu ſtoßen, vorbeigehender Lichtſtrahl gerade fortgehen müſſe, ohne in ſeiner Richtung verändert zu werden. Grimaldi entdeckte aber im Jahr 1655, daß ein Lichtſtrahl, der bis auf eine gewiſſe

(geringe) Entfernung vor einem Körper, beſonders vor Ecken und Kanten deſſelben vorbeifährt, von ſeiner Richtung mehr oder weniger abgelenkt (abgebogen) wird, folglich eine Art von unvollkommener Zurückwerfung oder Brechung erleidet. Newton hat dieſe Erſcheinung zuerſt Beugung, Inflection genannt. Im Anfange nannte man ſie auch wohl Diffraction.

Dieſelbe Erſcheinung iſt bald nachher auch von Hook beobachtet worden, der von Grimaldi's Entdeckung und Beſchreibung derſelben im Jahr 1666 wirklich nichts gewußt zu haben ſcheint. Denn er legte über ſeine eignen Beobachtungen und Verſuche, welche von denen des Grimaldi verſchieden waren, im Jahr 1672 der königlichen Societät der Wiſſenſchaften zu London eine Beſchreibung vor, einige Monate nach Newtons wichtigen Entdeckungen über die Brechbarkeit des Lichts.

§. 234.

Kaum hatte Newton von jenen Entdeckungen Nachricht erhalten, als ſie auch ſeine Aufmerkſamkeit in Anſpruch nahmen und ihn nicht blos zur Wiederholung der Verſuche des Grimaldi und des Hook, ſondern auch zur Anſtellung neuer, von ihm ſelbſt ausgedachter, veranlaßten. Die Experimente der drei verdienten Männer zeigten unter andern Folgendes: Wenn ein Sonnenſtrahl durch die ganz kleine Oeffnung eines verfinſterten Zimmers auf ein Haar oder auf einen feinen Draht fällt, ſo wirft Haar oder Draht einen Schatten, den man mit weißem Papier auffangen kann. Dieſer Schatten iſt breiter, als er beim geraden Fortgange der am Haare oder Drahte vorbeifahrenden Strahlen ſeyn

müßte. Und wenn das Licht ſenkrecht auf eine ſehr ſchmale (den vierhundertſten Theil eines Zolles breite) Ritze fällt, die zwiſchen zwei ſtählernen Schneiden, etwa Raſſirmeſſer-Schneiden, ſich befindet, ſo theilt es ſich und läßt in der Mitte einen Schatten.

Schon Grimaldi und Newton ſahen auch neben und innerhalb des von dem Haare oder Drahte auf weißem Papier erzeugten Schattens farbigte Streifen. Folglich wird durch die Beugung des Lichts auch eine Farbenzerſtreuung hervorgebracht. Man bemerkte, daß bei der von dem Körper abwärts gehenden Beugung das rothe Licht die größte, das violette die kleinſte Inflection hat. Eine ſolche, durch Beugung veranlaßte Farbenzerſtreuung macht ſogar die innere Kante jedes Fenſterrahmens, wenn Licht durch die Fenſterſcheibe in's Zimmer fällt. — Die Urſache dieſer Farbenzerſtreuung ſowohl, als der Beugung, welche man in eigenen anziehenden und abſtoßenden Körpern zu ſuchen hat, iſt von Newton, Leibnitz, Smith, den Bernoulli's, Mairan, Molineux, Bradley, Maupertuis u. a. längſt mühſam nachgeſpürt worden.

§. 235.

Eine Entdeckung der neueſten Zeit iſt die Polarität des Lichts. Man wußte es längſt, daß nicht blos im Isländiſchen Doppelſpath (§. 219.), ſondern auch in andern Kalkſpathen, z. B. im Zirkon, im Beryll, im Topas ꝛc., ein hindurchgehender Lichtſtrahl in zwei Theile zerſpalten wird, wovon der eine die gewöhnlichen Brechungsgeſetze befolgt, der andere aber auf eine ungewöhnliche Art unter einem genau beſtimmten Winkel gebrochen wird. So entſtehen aus jedem

einfahrenden Lichtſtrahle zwei ausfahrende. Biot ſah dieſe Erſcheinung zuerſt als den Erfolg anziehender und abſtoßender Kräfte an. Er legte nämlich dem Lichte Polarität bei, d. h. er ſtellte ſich vor, das Licht beſtehe aus kleinen, um ihren Schwerpunkt beweglichen, und wie Magnete mit entgegengeſetzten Polen begabten Theilchen, die, je nachdem ſie andern Körpern einen oder den andern ihrer Pole, oder auch eine Zwiſchenſeite zukehren, von dieſen Körpern entweder angezogen, oder abgeſtoßen, oder gar nicht afficirt werden. Die Pole der Lichttheilchen können nun, ſowohl durch Brechung, als auch durch Zurückwerfung, eine beſtimmte Richtung bekommen. Alle diejenigen Lichtſtrahlen aber, welche die gleichnamigten Pole insgeſammt nach einer Seite hinwenden, heißen polariſirte Strahlen. Bei dem nicht polariſirten Lichte findet eine andere Brechung oder Zurückwerfung ſtatt.

Viele Verſuche ſind über die Polarität des Lichts von Biot ſelbſt, von Arago, von Johann Tobias Mayer, von Malus, von Brewſter, von Seebeck u. a. angeſtellt worden, vornehmlich mit geſchliffenen und polirten Glastafeln. Ueber die Polariſation durch Reflection hat beſonders Malus manche belehrende Experimente gemacht; und mehrere Licht-Erſcheinungen, die man ſich früher nicht genügend zu erklären vermochte, können jetzt vermöge jener Polarität viel beſſer erklärt werden.

§. 236.

Unrichtig und dürftig waren die Kenntniſſe, welche die Alten vom Baue des Auges und vom Sehen hatten. Erſt

gegen Ende des ſechszehnten Jahrhunderts erhielt man darüber beſſere Belehrungen. Was Maurolycus im Jahr 1575 von der Beſchaffenheit des Auges und vom Sehen beibrachte, gab noch keine beſondere Einſichten in dieſe Lehre. Der Schritt, den Porta darin that, war ſchon bemerkenswerther. Porta entdeckte nämlich um's Jahr 1583 die Aehnlichkeit des Auges mit der dunkeln Kammer (§. 196.). Dadurch wurde allerdings ein leichterer Weg zur Erklärung des Sehens gebahnt. Aber Porta ſtellte ſich die Sache ſelbſt doch noch unrichtig vor, weil er die Cryſtalllinſe (und nicht die Netzhaut hinter derſelben) für die Wand hielt, auf welcher das Bild des Gegenſtandes ſich abmale, und weil er glaubte, daß von jedem ſichtbaren Punkte nur ein einziger Strahl in's Auge käme.

Erſt Kepler zeigte im Jahr 1604 recht genau die Art und Weiſe, wie es mit dem Sehen zugeht. Er bewieß nämlich, daß die cryſtallene Feuchtigkeit im Auge gleichſam ein Linſenglas iſt, welches die Strahlen von den äußern Gegenſtänden auf der Netzhaut ſo zuſammenbringt, daß jeder Strahlenkegel darauf ſeinen Vereinigungspunkt hat. Er lehrte ferner, daß das Bild eines Gegenſtandes auf die Netzhaut fallen müſſe, wenn man den Gegenſtand deutlich ſehen ſolle. Auch zeigte er, daß von jedem ſichtbaren Punkte des Gegenſtandes ein ganzer Strahlenkegel auf das Auge falle, deſſen Grundfläche die Hornhaut (der vordere durchſichtige Theil des Augapfels) wäre, und daß man den Vereinigungspunkt der im Auge gebrochenen Strahlen beſtimmen könne, welcher das Bild des ſtrahlenden Punktes abgäbe. Chriſtoph Scheiner überzeugte ſich um's Jahr 1625 von Keplers Erklä-

rungsart und von ſo manchen andern das Sehen betreffenden Erſcheinungen, durch unmittelbare Verſuche, indem er an einem Ochſen= oder Schaafauge die hinteren Häute bis auf die Markhaut oder Netzhaut hinwegſchnitt und dadurch in das Auge ſehen konnte. Hier erblickte er dann wirklich die Bilder derjenigen Gegenſtände, welche in gehöriger Entfernung vom Auge ſich befanden, deutlich auf der Netzhaut. Der Eindruck des Bildes mußte durch den Sehenerven (eine Fortſetzung der Netzhaut) bis ins Gehirn fortgepflanzt werden, wenn unſere Seele eine Empfindung davon haben ſollte. Scheiner zeigte auch, daß Strahlen, die durch ein kleines Loch (wie die Pupille des Augenſterns) gehen, ſich einander kreuzen, ehe ſie weiter ins Innere des Auges kommen.

Kepler hatte auch ſchon die Urſache entdeckt, warum einige Menſchen kurzſichtig, andere weitſichtig ſind. Er zeigte, daß bei dem kurzſichtigen Auge die Strahlen jedes Lichtkegels ſich zu früh vereinigen, ehe ſie die Netzhaut erreichen; bei dem weitſichtigen Auge aber zu ſpät, ſo, daß der Vereinigungspunkt hinter der Netzhaut liegen würde. Vermöge dieſer Grundſätze erklärte er, wie das kurzſichtige Auge ſich durch Hohlgläſer (Zerſtreuungsgläſer) helfen könne, um dadurch das Bild weiter hinter die Linſe, nämlich auf die Netzhaut zu bringen; das weitſichtige Auge durch Convexgläſer (Sammlungsgläſer), um dadurch das Bild der Cryſtalllinſe, folglich auch der Netzhaut, ſo zu nähern, daß es auf letztere falle. Maurolycus hatte die Urſache der Kurzſichtigkeit in eine zu erhabene Cryſtalllinſe geſetzt; er glaubte, daß dann die Strahlen auf dem Sehenerven zu nahe an einander kämen.

§. 237.

Manche gute Bemerkungen des Porta über das Sehen wurden ſpäter von andern benutzt und berichtigt, vornehmlich von der Zeit an, als Zergliederer des Auges mit Optikern Hand in Hand gingen. Porta erzählte unter andern (in ſeiner Schrift de refractione) von Menſchen, die des Morgens beim Erwachen im Dunkeln ſehen können; und da zeigte er nun deutlich, daß dieß hauptſächlich von einer großen Erweiterung des Augenſterns (eigentlich des Lichtlochs oder der Pupille im Augenſtern) herrühre. Er machte die Bemerkung, daß der Stern im ſtarken Lichte ſich unwillkührlich zuſammenziehe, bei ſchwachem Lichte hingegen ſich erweitere. Man ſolle nur, ſagt er, das Auge eines andern betrachten, erſt wenn dieſer ſich gegen die Sonne gekehrt habe, und dann, wenn er ſich an einen ſchattigten Ort begebe. So könne man ſich von jener Erſcheinung leicht überzeugen.

Indeſſen iſt dieſelbe Bemerkung ſchon vor Porta gemacht worden. Daß der Augenſtern bei ſtarkem Lichte ſich verengere, hat ſchon Achillinus im Jahr 1522 beobachtet. Ja, ſelbſt Galenus ſpricht ſchon davon. Es iſt nicht zu verwundern, daß mehrere Perſonen für ſich, auf dieſelbe Bemerkung kommen mußten, beſonders Aerzte, welche oft Augen beobachteten. Der berühmte Montanus von Padua, welcher 1511 ſtarb, ſah es an einem Paar ſeiner Patienten als etwas Unnatürliches an, daß der Stern (oder vielmehr das Lichtloch deſſelben) bei ſtarkem Lichte enger, bei ſchwachem weiter wurde. Nach des berühmten von Hallers Erklärung würde die Erweiterung und Verengerung der

Pupille blos durch den ſtärkern oder ſchwächern Zufluß der Säfte in die farbenloſen Gefäße der Iris bewirkt.

§. 238.

In den neuern und neueſten Zeiten hat man über die Beſchaffenheit des Auges und ſeiner verſchiedenen Theile ſehr genaue Kenntniſſe erlangt. Petit zergliederte zu Anfange des achtzehnten Jahrhunderts das Auge ſorgfältig; und Leeuwenhoek machte manche ſchöne Beobachtungen an Thieraugen. Was Porterfield darüber ſchon im Jahr 1759 mittheilte, war vorzüglich gut in phyſiologiſcher, phyſikaliſcher und philoſophiſcher Hinſicht. Auch die im Jahr 1771 von Häſeler mitgetheilten Betrachtungen über das Auge waren aller Ehren werth. Mit einer herrlichen Anatomie des Auges beſchenkte uns Zinn und in der neuern Zeit Sömmering.

Was de la Hire, Mariotte, Perrault, Huygens, Guerike, Rohault, Pecquet, Cherubin, Zahn und einige andere ältere Naturforſcher in der Lehre vom Sehen geleiſtet haben, betraf die Theorie deſſelben. Bei vielen richtigen Einſichten liefen da freilich auch manche Unrichtigkeiten mit unter. Was um's Jahr 1788 John Stack von der Art des Sehens, von Augenfehlern u. dgl. mittheilte, war lange nicht ſo inſtructiv, als das, was uns darüber im Jahr 1789 Georg Adams lehrte, beſonders auch über die Mittel, geſunde Augen zu conſerviren. Büſch, Lichtenberg und Sömmering gaben dazu ein Paar Jahre nachher ſehr ſchätzbare Zuſätze.

§. 239.

Zum deutlichen Sehen iſt es allerdings nöthig, daß

das Bild des geſehenen Gegenſtandes genau auf die Netzhaut fällt, und daß dieſe den Eindruck des Bildes bis zu dem Gehirne hin pflanzt. Zum richtigen Sehen gehört aber noch mehr, nämlich die Beurtheilung der Größe und Entfernung der Gegenſtände nach dem Bilde. Darauf hat beſonders ſchon Descartes aufmerkſam gemacht und dabei belehrende Beiſpiele von Blinden angeführt. Solche Beiſpiele, namentlich von Blinden, denen der Stahr geſtochen wurde, ſind für denſelben Zweck auch ſpäter von andern aufgeſtellt worden.

Von jedem Gegenſtande iſt das auf der Netzhaut liegende Bild ſehr viel kleiner, als der Gegenſtand; und doch ſehen wir die nahe um uns herum befindlichen Gegenſtände von natürlicher Größe, z. B. die Menſchen, die Häuſer, die Thürme! Auch liegen die Bilder aller Gegenſtände in Beziehung auf dieſelben verkehrt auf der Netzhaut; und doch ſehen wir Alles in ordentlicher aufrechter Stellung und Lage! Bei einigem Nachdenken konnte die Erklärung dieſer Phänomene nicht ſchwer ſeyn. Kepler, Newton, de la Hire, Büffon, Jurin, du Tour, Hartley, Porterfield u. a. haben darüber manches Richtige beigebracht. Man iſt in der neuern Zeit darin mit einander übereingekommen, daß unſer Urtheil über die wahre Größe eines Gegenſtandes nicht vom Bilde allein beſtimmt werden kann, daß wir von Kindheit an erſt viele Erfahrungen und Uebung erlangt haben müſſen, um daraus über die Größe eines mit den Augen wahrgenommenen Gegenſtandes ein ordentliches Urtheil fällen zu können, und daß unſer Sehen, in Beziehung auf Größe, Geſtalt und Entfernung von Gegenſtänden

ein beſtändiges Schließen von vorhergegangenen durch das Gefühl und die Erfahrung erlangten Empfindungen und von Vergleichungen des verſchiedenen Licht- und Schattenwechſels u. dgl. iſt.

§. 240.

In Hinſicht derjenigen Frage, warum wir die Gegenſtände nicht verkehrt ſehen (§. 239.) hat ſich ſchon Kepler folgende Vorſtellungen gemacht: Wenn die Seele den Stoß des Lichtſtrahls auf dem untern Theile der Netzhaut empfindet, ſo betrachtet ſie den Strahl ſo, als käme er von dem obern Theile des Gegenſtandes her und halte daher das für den obern Theil des Objekts, was ſich auf der Netzhaut unten abbildet. Er drückt ſich hierbei zugleich ſo aus: der wirkende Theil werde dem leitenden gerade gegenüber empfunden. Descartes ſuchte dieſe Keplerſche Erklärung durch folgendes Beiſpiel eines Blinden zu erläutern. Wenn dieſer, ſagt unſer großer Philoſoph, ein Paar Stäbe ſo in beiden Händen hält, daß ſie ſich durchkreuzen, um damit das obere oder untere Ende eines ſenkrecht ſtehenden Gegenſtandes zu befühlen, ſo werde er das für das obere Ende halten, was er mit dem in der untern Hand befindlichen Stabe berührt.

Noch in den neuern Zeiten wurde dieſelbe Frage, ſelbſt von manchen geſchickten Männern, z. B. von Adams, für räthſelhaft und ſchwer zu beantworten gehalten. Das iſt ſie aber durchaus nicht. Wir ſind uns ja der verkehrten Bilder im Auge nicht bewußt, weil alle Bilder im Auge unter ſich ſelbſt dieſelbe Lage haben, wie die zugehörigen Gegenſtände, weil alle daſſelbe räumliche Verhältniß zu einander beſitzen, wie die Gegenſtände unter einander. Lichtenberg ſagt:

Wenn man ein Gemälde umkehre, ſo ſtehen die darauf abgebildeten Figuren nur in Beziehung auf andere außer ihm befindliche Gegenſtände verkehrt, auf dem Gemälde ſelbſt aber ſeyen ſie noch immer aufrecht, d. h. ſie kehren die Füße gegen den Boden des Gemäldes, das Haupt gegen die Decke oder den Himmel. Eine ſolche Bewandniß hätte es nun auch mit dem Bilde im Auge. Nur in Rückſicht auf das, was außer ihm ſey, könne man es verkehrt nennen, und nur ein zweites Auge, welches Bild und Gegenſtand zugleich betrachte, würde die verkehrte Lage des erſtern wahrnehmen. Die Seele betrachte ja aber das Bild nicht durch ein zweites Auge mit dem Gegenſtande zugleich, mithin käme eine ſolche Beziehung bei der Empfindung des Sehens gar nicht vor. In einer Zeichnung, welche verkehrtes Bild und aufrechten Gegenſtand zugleich darſtelle, ſtehe freilich jenes gegen dieſen verkehrt; bei der Empfindung des Sehens mehrerer Gegenſtände aber beziehen wir Bilder auf Bilder und alle zuſammen auf das Bild der Erde oder des Erdbodens, und in dieſer Beziehung ſtehe jede Figur auf der Netzhaut ſenkrecht, nämlich gegen die andern und gegen das Bild des Bodens. — Schwerlich läßt ſich eine beſſere faßlichere Erklarung über jene Erſcheinung geben, als dieſe Lichtenbergiſche.

§. 241.

So ſetzte auch die Frage: warum wir mit zwei Augen nicht doppelt ſehen, da doch zwei Cryſtalllinſen, zwei Netzhäute, folglich zwei Bilder (auf jeder Netzhaut eins) da ſind, den Scharfſinn mancher Gelehrten in Thätigkeit. Gaſſendi glaubte, wir ſähen den Gegenſtand immer nur mit einem Auge, während das andere ruhete; und Newton

meinte, wir ſähen jeden Gegenſtand nur deswegen einfach, weil beide Sehenerven mit einander vereinigt wären. Die Beobachtungen der Anatomiker thaten aber dar, wie auch Porterfield anführt, daß die Sehenerven beider Augen ſich nicht vermiſchen, ſondern daß ſie nur an einander anliegen.

Kepler machte ja ſchon die Bemerkung, daß die Urſache des Einfach-Sehens nicht in der Vereinigung der Nerven liegen könne, weil wir doch manchmal wirklich eine Sache doppelt ſehen (z. B. wenn wir die Augen etwas verdrehen). Briggs glaubte, das Einfach-Sehen rühre von der gleich ſtarken Spannung der übereinſtimmenden Theile der Sehenerven her, weswegen ſie gleichzeitige Schwingungen bekämen. Hingegen Porterfield zeigte, daß dies überhaupt unwahrſcheinlich ſey und auch mit den Erfahrungen nicht übereinſtimme. Porterfield ſelbſt ſucht die Sache zu erklären, kommt dabei aber auch wieder in's Künſtliche. Und ſo ſind noch manche andere Erklärungen, oft ſehr geſuchte und ſchwerfällige, zum Vorſchein gekommen.

§. 242.

Die Erklärung kann aber ſehr einfach ſeyn, wie Lichtenberg und andere neuere Naturforſcher gewieſen haben. Wir haben nämlich von der früheſten Jugend an gelernt, daß, wenn zwei übereinſtimmende Stellen auf den beiden Netzhäuten von den Lichtſtrahlen gerührt werden, der Eindruck des Bildes auf dieſe Häute, folglich der Gegenſtand ſelbſt, für unſere Seele nur einfach iſt. Fallen die Bilder einmal nicht auf ſolche übereinſtimmende Stellen der Netzhaut, z. B. durch Schiefſehen, oder durch Verdrehen der Augen, oder durch einen nur dem einen Auge mitgetheilten Druck, ſo ſehen wir

die Gegenſtände auch wirklich doppelt. Es muß alſo wohl das Einfach-Sehen blos von der Gewohnheit abhängen, eben ſo wie das Einfach-Fühlen eines Gegenſtandes mit zwei, drei und mehr Fingern; auch hier kann ein Doppelt-Fühlen ſtatt finden, wenn wir die Finger auf eine ganz ungewöhnliche Art, z. B. kreuzweis, über einander ſchlagen. Cheſelden, Smith u. a. führen wirklich Beiſpiele von Menſchen an, deren eines Auge durch einen gewaltſamen Schlag oder Druck eine Veränderung erlitt und die dann lange Zeit hindurch doppelt ſahen, ſo lange, bis erſt Gewohnheit die bewußte Uebereinſtimmung in die Bilder der Netzhaut brachte.

§. 243.

Obgleich ſchon Kepler den Sitz der Empfindung des Sehens aus guten Gründen auf die Netzhaut geſetzt hatte, ſo fing doch Mariotte an, dieſe ſo vernünftige Keplerſche Behauptung zu beſtreiten, und den Sitz jener Empfindung auf die hinter der Netzhaut befindliche Aderhaut zu ſetzen. Durch einen Verſuch, den er im Jahr 1668 vor dem Könige von England anſtellte, wollte er gefunden haben, daß diejenige Stelle der Netzhaut, wo der Sehenerve eintritt, gegen den Eindruck des Lichts völlig unempfindlich ſey. Picard, le Cat, Mery, Michel und Daniel Bernoulli, welche ähnliche Verſuche mit allerley Abänderungen machten, glaubten dem Mariotte beiſtimmen zu müſſen, der die Aderhaut für den eigentlichen Sitz der Empfindung des Sehens erklärte.

Pacquet, de la Hire, Perrault u. a. erklärten ſich bald gegen Mariotte's Meinung. Beſonders aber zeigte der berühmte von Haller gründlich, daß Mariotte's Verſuch gar nichts beweiſe; er legte es deutlich dar,

daß an der unempfindlichen Stelle (wie Mariotte ſie nannte) eigentlich gar keine Netzhaut vorhanden ſey, ſondern nur eine weiße, cellulöſe, poröſe, zum Sehen untaugliche Haut, und daß man die Netzhaut durchaus als Sitz der Empfindung des Sehens annehmen müſſe. Ihm ſtimmten Zinn, Sömmering, Meckel, Reil, Home und andere berühmte Männer bis auf den heutigen Tag bei.

§. 244.

Ueber deutliches und undeutliches Sehen haben Jurin, Lambert und Adams lehrreiche Betrachtungen angeſtellt. Jurin ſetzte, als Reſultat von vielen Beobachtungen, die kleinſte Weite des vollkommenen Sehens (bei geſunden Augen) auf 5 bis 7 Zoll. Die größte Weite des vollkommenen Sehens war freilich ſchwerer zu beſtimmen, weil die Art und Größe, vornehmlich die Stärke des Lichts der betrachtenden Gegenſtände ſo ſehr verſchieden iſt. Indeſſen glaubt Jurin ſie auf $14\frac{1}{2}$ Fuß ſetzen zu können. Porterfield nimmt, nach einer andern Methode, nur 27 Zoll dafür an. Adams ſetzt die gewöhnliche Weite, einen ſchönen und großen Druck deutlich zu leſen, höchſtens auf 15 bis 16 Zoll.

Jurin bringt manches über das undeutliche Sehen bei, ſowie über die Mittel, demſelben abzuhelfen. Auch Robins und Whytt widmeten ihre Aufmerkſamkeit dieſem Gegenſtande. Längſt wußte man auch, daß manche Menſchen und zwar diejenigen, welche (wie Gelehrte) faſt immer nur nahe Gegenſtände betrachten, zuletzt kurzſichtig werden; andere, welche meiſtens nur entfernte Gegenſtände betrachten (wie Jäger, Bauern ꝛc.) weitſichtig. In jenem Falle mußte die Cryſtalllinſe entweder durch beſtändige Gewöhnung nach

und nach erhabener werden oder (durch Veränderung der Augapfel-Geſtalt) ſich weiter von der Netzhaut entfernen, wodurch das Bild vor die Netzhaut fallen würde; im andern Falle müßte ſie nach und nach flacher werden, oder auch der Netzhaut näher rücken, wodurch das Bild hinter die Netzhaut kommen würde. Was Kepler und de la' Hire darüber beibrachten, vornehmlich das anatomiſche bedurfte noch der Berichtigungen aus der neueſten Zeit.

§. 245.

Die Wirkung der Brillen (§. 161 f.) bei dieſen Augenfehlern, daß nämlich ſolche mit Hohlgläſern, die für Kurzſichtige beſtimmt ſind, das Bild weiter zurück auf die Netzhaut, ſolche mit erhabenen Gläſern, die für Weitſichtige beſtimmt ſind, es mehr vorwärts auf die Netzhaut bringen, konnte leicht eingeſehen werden. Kepler gab ja davon ſchon richtige Erklärungen.

In der Schönheit und Reinheit des Glaſes und in der Genauigkeit beim Schleifen, ſowie in der Zweckmäßigkeit der Geſtelle, ſind die Brillen in der neuern Zeit ſehr verbeſſert worden. Die in mehrerer Hinſicht nachtheiligen ſogenannten Draht- oder Klemmbrillen (Naſenklemmer) ſind ſeit einem viertel Jahrhundert faſt ganz aus der Mode gekommen. Manche Brillenmacher der frühern Zeit bezeichneten die Brillen auf eine ganz irrige und unnütze Weiſe mit dem Alter der Perſonen, für welche ſie dienen ſollten. Die neuern Brillenmacher hingegen bezeichneten die Gläſer zweckmäßiger mit Nummern, welche ihre Brennweite bedeuten.

Von grünen Brillen und andern ſogenannten Conſervirbrillen (welche die Augen verbeſſern ſollen) hält man

jeʒt nichts mehr, weil jene die Augen eher noch verderben und eine Conſervirbrille überhaupt ein Unding iſt, wie unter andern auch Lichtenberg bemerkte. Eine Brille iſt immer eine Krücke, ſagte dieſer geiſtvolle Mann. Und wer würde wohl von Conſervirkrücken reden!

Vor mehreren Jahren erfand der Engländer Wollaſton die ſogenannten periſkopiſchen Brillen (§. 163.) womit man nicht blos gerade aus, ſondern auch links und rechts gleich gut ſoll ſehen können, ohne den ganzen Kopf zu drehen, während man bei den gewöhnlichen Brillen nur diejenigen Gegenſtände deutlich ſieht, die in die Axe der Gläſer fallen. Der Franzoſe Cauchoix in Paris verbeſſerte dieſe Brillen, die ſchon vorher John und Peter Dollond vervollkommnet hatten.

§. 246.

Jeden Gegenſtand ſehen wir ſeiner Höhe nach zwiſchen einem Paar geraden Linien, welche man ſich von ſeinem oberſten und unterſten Punkte nach dem Auge hingezogen vorſtellt; und eben ſo ſehen wir jeden Gegenſtand auch ſeiner Breite nach (ſowie überhaupt ſeiner Größe nach) zwiſchen ein Paar geraden Linien, welche man von ſeinen Grenzpunkten nach dem Auge gezogen ſich denkt. Dieſe gerade Linien machen im Auge denjenigen Winkel, welcher Sehewinkel, optiſcher Winkel oder ſcheinbare Größe des Gegenſtandes genannt wird.

Daß alle Gegenſtände uns kleiner und kleiner erſcheinen, je weiter wir von ihnen entfernt ſind, daß dies von dem Kleinerwerden des Sehewinkels herrührt, und daß ſie uns endlich verſchwinden, wenn der Sehewinkel eine gewiſſe Klein-

heit erlangt hat, wußten die ältern Optiker ſchon. Später ſtellte man über den kleinſten Sehewinkel, welcher dem Auge noch empfindlich iſt, manche Verſuche an. Hook glaubte aus ſolchen Experimenten annehmen zu können, daß ſelbſt das ſchärfſte Geſicht keine Winkel unter einer halben Minute mehr unterſcheiden könnne, und gewöhnliche Augen empfänden ſchon Winkel unter einer Minute nicht mehr. Deswegen erſchienen zwei Sterne, welche um ½ bis 1 Minute von einander abſtänden, dem bloßen Auge wie ein einziger. Smith beſtätigte dies. Er gab noch genauer an, daß ein runder ſchwarzer Flecken auf weißem Grunde oder ein weißer auf ſchwarzem Grunde von einem ſcharfen Auge nicht mehr geſehen werde, wenn der Sehewinkel weniger als 40 Sekunden betrage, folglich die Entfernung 5156mal größer, als der ſichtbare Durchmeſſer des Fleckens ſey. Auch der Marquis de Courtivron ſchloß aus ſeinen Verſuchen, daß der kleinſte empfindbare Sehewinkel 40 Sekunden betrage; und Smith brachte ein ähnliches Reſultat zum Vorſchein. Tobias Mayer aber, der viele Verſuche mit großer Genauigkeit und mit Beachtung faſt aller möglichen Umſtände anſtellte, ſchloß als Mittel aus ſeinen Verſuchen, daß der kleinſte Sehewinkel 34 Sekunden ſey. Man konnte alſo wohl im Allgemeinen 30 bis 40 Sekunden annehmen. Jurin hatte ſchon aufmerkſam darauf gemacht, daß hierbei auf die Stärke des Lichts viel ankomme. Wegen eines ſehr ſtarken Lichts ſehen wir z. B. die Fixſterne noch.

§. 247.

Auf mancherlei Täuſchungen beim Sehen (optiſche Täuſchungen) waren ſchon alle Optiker aufmerk-

ſam gemacht, namentlich auf ſolche Täuſchungen, deren Grund eine falſche Beurtheilung der Größe, Entfernung, Geſtalt und Bewegung der Gegenſtände außer uns ausmacht. Gegenſtände am Himmel und auf Erden täuſchen uns oft in Hinſicht ihrer Ruhe oder Bewegung, in Hinſicht ihrer Entfernung, ihrer Geſtalt und Größe. Dahin können wir ja ſchon die Erſcheinungen rechnen, daß die Erde ſtill zu ſtehen und das Himmelsgewölbe mit allen leuchtenden Welten daran ſich um uns herumzudrehen ſcheint; daß alle Himmelskörper (an dem Gewölbe des Himmels) gleiche Entfernuug von uns zu haben ſcheinen; daß das Himmelsgewölbe flach wie ein Uhrglas ausſieht und ſich rings herum an die Erde anzulegen ſcheint; daß alle Geſtirne höher am Himmel hinaufzuſtehen ſcheinen, als ſie wirklich ſind; daß uns Sonne und Mond beim Aufgange ſo groß ausſehen; daß wir auf der Erde, namentlich zur Dämmerungszeit, einen nahen Menſchen oft für einen entfernten Thurm, oder einen entfernten Thurm für einen nahen Menſchen halten; daß wir in einer gewiſſen Entfernung von einem Fluſſe in unſerer Einbildung oft Gegenſtände an das unrechte Ufer ſetzen, diesſeitige an das jenſeitige und jenſeitige an das diesſeitige; daß wir in Städten Wetterfahnen, Schornſteine oft auf das unrechte Gebäude ſetzen, u. dgl. mehr.

§. 248.

Die alten Philoſophen, wie Pythagoras, Plato, Ariſtoteles, Archimedes, Hypparch u. a. glaubten, die Wölbung des Himmels ſey wirklich ſo, wie ſie uns erſcheine; in ihrem Mittelpunkte ſtehe die Erde unbeweglich feſt und die Himmelskörper beſchrieben Kreiſe um letztere. Sie

betrachteten das Himmelsgewölbe gleichſam wie eine cryſtallene Höhlung, deren mehrere hinter einander ſich befänden. Bei den ſpätern Fortſchritten der Wiſſenſchaft wurden hierin freilich die Menſchen ganz anders aufgeklärt. Leicht konnte man nun auch einſehen, daß uns der unendliche Himmelsraum eigentlich als eine vollkommene hohle Halbkugel erſcheinen müßte, daß er uns aber deswegen als ein flaches Gewölbe erſcheint, weil wir am Horizonte mancherlei irdiſche Gegenſtände ſehen, womit wir ihn vergleichen können, höher am Himmel hinauf aber gar nichts iſt, das mit den Theilen des Himmelsgewölbes verglichen werden könnte, um zu einem ähnlichen Begriff von Entfernung zu gelangen, wie bei den an dem Horizonte liegenden Theilen, und daß ſich daher in unſerer Einbildung die ſcheinbare Entfernung der höher liegenden Theile nach und nach vermindert, ſo wie ſie, vom Horizonte an, weiter empor ſich erſtrecken.

§. 249.

Schon Ptolemäus ſoll in ſeiner verloren gegangenen Schrift über die Optik eine ſehr vernünftige Erklärung über die ſcheinbare Vergrößerung des Mondes und der Sonne nahe am Horizonte, beſonders beim Aufgange, gegeben haben. Die Seele, ſagte er, urtheilt von der Größe der Gegenſtände nach einer vorgefaßten Schätzung der Entfernung; ſind viele andere Gegenſtände zwiſchen dem zu ſchätzenden, ſo kann man dieſen leicht nach jenem taxiren und ihn für größer halten, als es ſonſt geſchehen wäre. Die Gegenſtände am Horizonte, Berge, Bäume u. dgl. ſind Maaßſtäbe, wonach man die Größe des eben aufgegangenen Himmelskörpers ſchätzt, und weswegen dieſer ſo groß erſcheint; iſt er eine Strecke von dem Horizonte

entfernt, ſo ſind auch jene Maaßſtäbe nicht mehr da, und dann kommt uns auch der Himmelskörper nicht mehr ſo groß vor. — In dem Almageſt des Ptolemäus iſt die Erklärung deſſelben Phänomens freilich anders; da wird nämlich die Vergrößerung der Sonne und des Mondes nahe am Horizonte der Brechung der Strahlen durch die Dünſte zugeſchrieben. Faſt ſollte man daher zweifeln, daß jene beſſere Erklärung je von Ptolemäus gemacht worden ſey.

§. 250.

Alhazen zeigte, daß die Strahlenbrechung keine Vergrößerung der Himmelskörper nahe am Horizonte hervorbringen könne, im Gegentheil eine Verkleinerung. Er glaubte vielmehr, Sonne und Mond ſähen blos deswegen nahe am Horizonte größer aus, weil wir ſie dann für weiter hielten, als wenn ſie dem Zenith näher wären. Hobbes und Gaſſendi ſtimmten dem Araber bei; Gouye und Molineux hingegen waren wieder anderer Meinung. Desaguliers war wieder des Alhazens Meinung zugethan, während Berkley abermals zu der Brechung in Dünſten ſeine Zuflucht nahm. Euler that einen ähnlichen Fehlſchluß. Smith gab ſpäter wieder eine richtige Erklärung. — So verdrängte oft eine Meinung die andere, bis zuletzt die richtige um deſto feſter ſtand.

Etwas anders war freilich diejenige Erſcheinung, wo man die Höhen der Geſtirne vergrößert oder ihre Geſtalt am am Horizonte verändert erblickte. Da ſpielte freilich, wie auch ſchon Vitellio, Walther, Tycho de Brache und andere berühmte Männer darthaten, die Strahlenbrechung die Hauptrolle. Solche von der Strahlenbrechung, oft auch in

Verbindung mit der Strahlenreflection, herrührende optiſche Erſcheinungen giebt es in der Luft und auf der Erden noch manche.

§. 251.

Der Eindruck, den das Licht im Auge hervorbringt, iſt immer von einiger Dauer und zwar von einer deſto größern, je ſtärker jener Eindruck oder auch je ſchwächer das Auge iſt. Sieht man nach einem recht hellen Körper und verſchließt dann das Auge, ſo ſieht man doch noch eine kurze Zeit den Körper, obgleich mit ſchwachem Lichte. Sieht man in die Sonne, ſo hat man noch eine Zeit lang das Bild der Sonne im verſchloſſenen Auge. Bei ſchwachen Augen bleibt es oft noch ziemlich lange darin, bis es nach und nach verſchwindet. Schwingt man eine glühende Kohle oder einen andern hellen Körper ſchnell im Kreiſe herum, ſo erſcheint der Körper als ein ganzer leuchtender oder heller Kreis, obgleich er bei ſeiner Bewegung alle Augenblicke ſeinen Ort verändert. Nach Segners Verſuchen dauert ein ſolcher Licht-Eindruck bei geſunden Augen eine halbe Sekunde Zeit.

Auch allerlei zufällige Farben ſieht man dann gewöhnlich vor den geſchloſſenen Augen, nämlich diejenigen, welche Göthe die phyſiologiſchen Farben nennt. Göthe ſowohl, als auch früher de la Hire, Aepinus, Büffon, Franklin, Beguelin, Darvin und andere ſtellten über ſolche Farben mancherlei Verſuche an.

§. 252.

Sehr merkwürdig fand man die ums Jahr 1630 gemachte Entdeckung, daß es Körper gäbe, die Licht, welchem man ſie eine Zeit lang ausgeſetzt hatte, gleichſam einſchluckten, und

dann mit dieſem Lichte noch eine Zeit lang im Dunkeln fortleuchteten. Solche Körper nannte man Lichtſauger, Lichtträger, Lichtmagnete oder Phosphoren (letzteres Wort im weitern Sinne, wie gewöhnlich genommen). Vincenzo Caſcariolo, ein Schuhmacher in Bologna, fand nämlich zu jener Zeit am Fuße des benachbarten Berges Paterno einen Stein, welcher mit eigenem Glanze im Dunkeln leuchtete, beſonders aber, wenn er vorher zu Pulver geſtoßen, mit Waſſer, Eyweiß oder Leinöhl durchknetet und calcinirt worden war. Man nannte dieſen Stein bononiſchen Stein. Bei genauer Unterſuchung, welche bald nachher Liceti, Kircher, Marſigli, Galati, Beccari, Zanotti u. a. mit ihm anſtellten, fand man, daß er 4 bis 30 Minuten lang ſowohl vom Sonnenlicht, als auch vom Kerzenlicht, aber nicht vom Mondenlicht leuchtend wurde.

Kurz vor dem Jahr 1675 entdeckte Balduin zu Groſzenhayn in Sachſen, daß der Rückſtand beim Deſtilliren einer Kreide-Auflöſung in Scheidewaſſer das Licht einſaugte und im Dunkeln leuchtete, wenn auch nicht ſo hell als der bononiſche Stein. Man nannte ihn balduinſchen Phosphor. Wieder einige Jahre ſpäter entdeckte man noch mehrere Körper, welche dieſelbe Eigenſchaft beſaßen, wie z. B. die Verbindung der Kalkerde mit der Salzſäure (von dem Entdecker Hombergiſcher Phosphor genannt), durchglühte Auſterſchaalen, Gyps, Kalkſtein, Marmor, die kalkartigen Verſteinerungen ꝛc. Du Fay und Beccaria wurden faſt zu gleicher Zeit das Leuchten des Diamants, des Topas und mancher anderer Edelſteine, auch des Flußſpathes gewahr.

Daß der bononiſche Stein ein Schwerſpath ſey, zeigte

Marggraf um Jahr 1749 zuerſt. Schon Leibnitz hatte früher bemerkt, daß gepulverter und erhitzter Schwerſpath im Dunkeln leuchtete.

§. 253.

Eine beſondere leuchtende Subſtanz, Cantonſcher Phosphor genannt, hatte der Engländer Canton aus durchglühten gepulverten Auſterſchaalen und Schwefelblumen bereitet. Den Urin-Phosphor aber, den man in den neuern Zeiten auch aus Knochen bereitete, entdeckte Brandt in Hamburg ums Jahr 1669. Mit dieſem Phosphor, der beſtändig im Dunkeln leuchtet, der beſtändig raucht oder dampft und deſſen Dämpfe, Auflöſungen in Oehlen ꝛc. gleichfalls leuchten, und der ſich ſchon bei einer mäßigen Wärme, z. B. durch Reiben, gleichſam von ſelbſt entzündet, iſt bis auf den heutigen Tag zu vielen merkwürdigen Licht- (und Entzündungs-) Verſuchen in der Phyſik, Chemie und Technologie angewendet worden.

Dem Leuchten mancher anderer Körper, die von Natur phosphoriſche Theile (phosphoriſche Flüſſigkeiten, phosphoriſche Luftarten ꝛc.) in ſich enthalten, iſt von jeher eine große Aufmerkſamkeit gewidmet worden, wenn man ſich auch in früherer Zeit die Urſache des Leuchtens nicht erklären konnte. Zu ſolchen Körpern gehören die Johanniswürmchen und manche andere Inſekten, die Pholaden und einige andere Muſchelarten, die im Meere herumſchwimmenden Nereiden, Meduſen und Seefedern, faule Fiſche und anderes in Fäulniß übergehendes Fleiſch, faules Holz ꝛc. Boyle, Beal, Martin, Canton, du Fay und in der neueſten Zeit Spallanzani, Corradori, Hulme, Heinrich, Deſſaig-

nes und von Humbold haben über dieſe leuchtenden Körper manche lehrreiche Unterſuchungen angeſtellt.

§. 254.

Die alten Optiker wußten es nicht blos ſchon, daß die von einem leuchtenden Körper ausfahrenden Strahlen divergirend ſind, ſondern auch, daß eben deswegen die Stärke des Lichts wie das Quadrat der Entfernung abnimmt. Nach dieſer Entfernung einer beleuchteten Fläche von dem leuchtenden Körper richtet ſich nun zum Theil der Grad oder die Stärke der Beleuchtung ſelbſt. Sie beruht aber auch mit auf der Lage der Fläche in Hinſicht der Richtung der darauf fallenden Strahlen und nach der Menge des von dem leuchtenden Körper ausſtrahlenden Lichts ſelbſt. Erſt zu Anfange des achtzehnten Jahrhunderts machte man Verſuche, die Stärke des Lichtts auszumeſſen und darauf gründete man einen eignen Zweig der Optik, welcher Photometrie genannt wurde. Die Apparate zur Ausmeſſung der Lichtſtärke erhielten den Namen Photometer, Lichtmeſſer oder Lichtſtärkemeſſer.

Schon Huyghens ſoll den Verſuch gemacht haben, das Sonnenlicht mit dem Fixſternenlicht (namentlich dem Licht des Sirius) zu vergleichen. Der Pater Franciscus Maria in Paris, welcher glaubte, das durch mehrere Gläſer dringende Licht nähme in arithmetiſcher Progreſſion ab, ſuchte ums Jahr 1700 die Stärke des Lichts durch die Anzahl der Gläſer, wovon das letzte es ganz unmerklich machte, zu beſtimmen. Der Schwede Celſius aber that nachher den Vorſchlag, die Stärke des Lichts dadurch anzugeben, daß man durch Hülfe der Erleuchtung, welche nöthig wäre, Objekte in

verſchiedenen Entfernungen deutlich zu ſehen, auf die Stärke des Lichts Schlüſſe machte. Alle dieſe Vorſchläge hatten aber noch zu viel Unbeſtimmtes, als daß ſie zur Meſſung der Lichtſtärke brauchbar geweſen wären.

§. 255.

Viel mehr leiſtete hierin vom Jahr 1729 an der Franzoſe Bouguer, welcher hierzu durch eine ähnliche Unterſuchung ſeines Landmanns Mairan vom Jahr 1721 veranlaßt worden war. Zwei inwendig ganz ſchwarz gemachte unter einem ſpitzigen Winkel mit ihrem einen Ende an einander gehaltene, an ihrem andern Ende mit Glaslinſen von gleichen Brennweiten verſchloſſene Röhren waren, jede für ſich, ſo eingerichtet, daß man ſie in einer beſondern Röhre ein- und ausſchieben, folglich dadurch verlängern oder verkürzen konnte. Jene an einander gehaltenen Enden waren bei jeder mit einem Deckel verſchloſſen und dieſer Deckel enthielt ein 3 bis 4 Linien weites Loch, welches mit einem Stück weißem Papier (oder einem matt geſchliffenen Glaſe) bedeckt war. Jede Röhre konnte gegen irgend ein leuchtendes Object gehalten werden, wovon man das deutliche Bild auf das weiße Papier fallen ließ. Nun konnte man durch Bedeckung eines Theiles der Deckel-Oeffnung der einen Röhre es dahin bringen, daß beide Bilder gleich hell erſchienen. Aus der Entfernung des Bildes von jedem Glaſe, aus der Breite beider Gläſer, aus der Helligkeit ꝛc. konnte man die Stärke des Lichtes herleiten. — In der Folge, und zwar bis zum Jahr 1758 hat Bouguer noch manche Verbeſſerungen mit dieſem Apparat vorgenommen.

§. 256.

Mit noch glücklicherm Erfolge hatte bald nach der Mitte des achtzehnten Jahrhunderts (im Jahr 1760) Lambert dieſen Zweig der Optik bearbeitet. Das ſchöne Werk, welches wir ihm verdanken, zeichnete ſich beſonders durch Gründlichkeit, Vollſtändigkeit und tiefe mathematiſche Berechnungen aus. Karſten hat mehrere Jahre nachher manche photometriſche Lehren noch mehr erläutert.

Was die Photometer betraf, ſo vervollkommnete Graf Rumford (früher Benjamin Thomſon genannt) dieſelben ſehr bedeutend. Schon vor ihm hatte man folgende einfache Methode zur Beſtimmung der Lichtſtärke angewendet. Man ſtellte zwei leuchtende Körper, z. B. zwei brennende Kerzen in einiger Entfernung von einander und zwiſchen ſie und eine weiße Fläche, z. B. die weiße Wand, irgend einen kleinen undurchſichtigen Körper, etwa ein Bretchen. Man ſtellte aber die Mitte der Lichter und des undurchſichtigen Körpers nicht genau in eine und dieſelbe gerade Linie. Von dem undurchſichtigen Körper wurden dann zwei Kernſchatten an die Wand geworfen, wovon derjenige, welcher der bei jenem Körper zunächſt befindlichen Flamme gehörte, von der andern Flamme beleuchtet wurde; und umgekehrt. Waren nun dieſe Schatten ungleichförmig beleuchtet, ſo entfernte man die eine Flamme oder näherte die andere ſo lange, bis ſie gleiche Beleuchtung hervorbrachten. Alsdann maß man die Entfernungen der Flammen von der Wand. Endlich ſchloß man ſo: wie ſich die Quadrate der gefundenen Entfernungen verhalten, ſo verhalten ſich auch die Lichtſtärken der Flammen.

Rumford nahm ein hölzernes Gehäuſe, das inwendig überall angeſtrichen war, die hintere Wand ausgenommen. An dieſer hintern Wand befand ſich in einer Falze eine geſchliffene Glasſcheibe, worauf weißes Papier geklebt war, und vor dieſer weißen Fläche ſtand ein verſchiebbarer Schirm mit einem kreisförmigen Loche. Durch zwei Röhren konnte man nach dieſer Fläche hinſehen; vor dem Felde aber ſtanden ein Paar ſenkrechte Cylinder parallel mit jener Fläche. Dieſe Cylinder, von den zu den Verſuchen beſtimmten Lichtern beſchienen, warfen zwei Schatten auf jene weiße Fläche. Da kam es denn, zur Beſtimmung der Lichtſtärke der verſchiedenen leuchtenden Körper, auf Beurtheilung der verſchiedenen Dichtigkeit der Schatten an.

§. 257.

Das Photometer des Lampadius in Freiberg zeichnete ſich durch Einfachheit aus. Es beſtand aus einer Röhre, worin dünne Scheibchen aus einem durchſcheinenden Körper, z. B. aus Horn, aus Beinglas ꝛc. gelegt wurden, um dadurch das Licht in einer beſtimmten Entfernung zu beobachten, etwa in einer Entfernung von 2 bis 4 Fuß. Man legte ſo viele Scheibchen ein, bis das zu prüfende Licht ganz unſichtbar wurde. Nach der Menge der erforderlichen Scheibchen wurde dann die Stärke des Lichts beurtheilt.

Das Photometer des Leslie beſtand aus zwei correſpondirenden Thermometern, wovon die Kugel des einen geſchwärzt war. Beide Thermometer ſtanden im Dunkeln gleich hoch; im Lichte aber ſtand das Thermometer mit geſchwärzter Kugel höher als das andere, und zwar, wie Leslie glaubte, um ſo viel höher, je größer die Stärke des darauf fallen=

den Lichts war. — So wurde alſo auch dieſer Theil der Optik zu einer immer größern Vollkommenheit gebracht. Langsdorf ſchrieb im Jahr 1803 ein wichtiges Werk über die Photometrie. Späth hatte ſchon im Jahr 1789 wichtige Unterſuchungen über dieſe Lehre angeſtellt.

§. 258.

Die Perſpectiv (§. 142.), gewiſſermaßen zur Geometrie gehörig, aber auf optiſche Grundſätze geſtützt, verdankt ihre Entſtehung der Malerei und der Baukunſt, vornehmlich den Auszierungen von Schaubühnen. Die Alten haben freilich ſchon perſpectiviſche Zeichnungen zu ihren Theatern gemacht. So war Agatharchus, wie aus Vitruvs Baukunſt erhellt, ein geſchickter Perſpectiv-Maler; aber eigentliche Kenntniſſe in der Optik hatte er noch nicht, wenn er auch einige geometriſche Kenntniſſe beſaß, die er bei Ausübung ſeiner Kunſt anzuwenden wußte.

Dem Ptolemäus verdankt man eine ſtereographiſche Entwerfung einer Kugelfläche mit ihren Kreiſen auf einer Ebene, oder die Darſtellung einer Planiſphäre. Dieſe kann man in der That ſchon als eine wahre perſpectiviſche Vorſtellung anſehen. Der Einwurf war nach einem Auge eingerichtet, das in dem Pole des Kreiſes ſich befand, deſſen Ebene die Tafel iſt, welche die Zeichnung enthalten ſollte. Die Perſpectiv, ſo weit ſie damals gegründet war, fiel nun auch, wie die übrigen Wiſſenſchaften und Künſte, in einen tiefen Schlaf.

§. 259.

Als das Licht der Wiſſenſchaften wieder zu leuchten anfing und auch die Malerkunſt aus ihrem Schlafe erwachte,

da ſtieg auch die Perſpectiv zu einem neuen Leben empor. Pietro della Francesca dal Borgo St. Sepolcro war, nach des Ignatio Dante Bericht, im ſechszehnten Jahrhundert der erſte, welcher in drei Büchern etwas Brauchbares über die Perſpectiv ſchrieb. Seine Schrift wurde aber nicht gedruckt, ſondern nur von Daniel Barbaro, Patriarch zu Aquileja, zur Ausarbeitung von deſſen Perſpectiv benutzt. Was im dreizehnten Jahrhundert Baco darüber geſchrieben und Combach 1614 herausgegeben hatte, trug noch viele Spuren von Unvollkommenheiten an ſich. Dies Alles konnte freilich die Wiſſenſchaften noch nicht recht weit bringen.

Die wahre Verfeinerung der Perſpectiv verdanken wir wohl zuerſt dem berühmten, 1520 geſtorbenen Maler Lionardo da Vinci. Dieſer hatte ein Werk über die Malerei geſchrieben, welches lange nach ſeinem Tode herauskam. Indem er ſich in demſelben auf einen (nie gedruckt erſchienenen) Tractat über die Perſpectiv bezog, ſo machte er unter andern die Bemerkung, daß, wenn von zwei gleich großen Gegenſtänden der eine von dem andern ſo weit entfernt iſt, wie dieſer wieder von dem Auge, jener um die Hälfte kleiner als der erſte vorgeſtellt werden müſſe. Wäre ein dritter gleich weit von dem zweiten entfernt, ſo müſſe er um zwei Drittel kleiner gemacht werden u. ſ. w.

§. 260.

Albrecht Dürer, der im Jahr 1525 (in ſeiner Meſſung mit dem Zirkel und Richtſcheit) auch Vorſchriften zu perſpectiviſchen Zeichnungen, beſonders zur Entwerfung des Schattens gab, lehrte unter andern ein mechaniſches, aber

beſchwerliches Verfahren, von einem wirklichen Gegenſtande eine perſpectiviſche Zeichnung zu entwerfen. Er ſchlug dazu eine eigne Maſchine vor. Lionardo da Vinci hatte ſchon gläſerne Tafeln gebraucht. Dürer nahm ſtatt derſelben einen durch Fäden in kleine Vierecke getheilten Rahmen.

Beſonders geſchätzt wurde vom Jahr 1582 an das Buch des 1573 geſtorbenen Vignola über die Perſpectiv, welches Ignatio Dante im Jahr 1611 commentirte. Vignola bediente ſich des Augen-Ortes ſelbſt und eines Grundpunktes auf der Grundebene. Die gerade Linie von jenem Punkte nach einem Punkte des Gegenſtandes beſtimmte auf der Tafel die perſpectiviſche Höhe; diejenige, von dem andern nach dem Grundpunkte des abzubildenden Punktes, beſtimmte den perſpectiviſchen Abſtand des Auges von der Ebene. Die eine Projection nahm er in der Vertikalebene durch das Auge, die andere in der Grundebene durch deſſen Grundpunkt vor. Auf jedem Fall war dieſe Methode ſehr einfach. Er gab aber auch noch eine andere an.

§. 261.

Nach Albrecht Dürer betraf die mit der Perſpectiv vorgenommene Vervollkommnung größten Theils die Abkürzung der Arbeit, die Erfindung mancher dazu dienender Inſtrumente, deutliche Regeln und allgemeine Geſetze für die Entwürfe. Die vielen perſpectiviſchen Schriften aus damaliger Zeit, z. B. des Serlio vom Jahr 1537, des Hirſchvogel vom Jahr 1543, des Rivius vom Jahr 1547, des du Cerveau vom Jahr 1559, des Couſin vom Jahr 1560, des Lautenſack vom Jahr 1564, des Lencker vom Jahr 1567, des Jamitzer vom Jahr 1568, des Clavius

vom 1595 und anderer (welche Scheibel in ſeiner mathematiſchen Bücher=Kenntniß angiebt) bezeugen dies. Daß Deutſche ſich beſonders in der Perſpectiv auszeichneten, bezeugen ſelbſt die Franzoſen. Die Erfindung des Diſtanzpunktes und ſeines Gebrauchs bei Eintheilung der in den Augenpunkt laufenden Linien wird dem Balthaſar Peruzzi zugeſchrieben.

Guido Ubaldi, mit dem Zunamen e **Marchionibus Montis**, ging in der Perſpectiv noch weiter. Er erwieß im Jahr 1600, daß bei der perſpectiviſchen Zeichnung alle mit der Grundebene parallele Linien in einem Punkte der Horizontallinie zuſammen kommen. War ſein Verfahren auch etwas weitläuftig, ſo war es doch gründlich. Der Jeſuit Franciscus Aguilonius erweiterte die Perſpectiv ums Jahr 1613 in Hinſicht der Parallellinien, die man in einer gegen die Tafel geneigten Ebene zieht. Lencker hatte ſich ſchon im Jahr 1571 bemüht, alle zur Zeichnung ſelbſt nicht gehörige Linien hinwegzulaſſen. Seine Hülfsmittel bei perſpectiviſchen Entwürfen waren Zirkel, Winkelhaken und Faden. Abgekürzt wurde die Arbeit hierdurch freilich nicht.

§. 262.

Ignatio Dante ſelbſt (§. 260.) bereicherte die perſpectiviſchen Regeln anderer mit ſeiner eignen. Im Jahr 1620 hatte Perret, 1604 Frieſen, 1610 Faulhaber, 1612 Salomon de Cous, 1614 Marolois, 1615 Brunnen, 1623 Alberti, 1630 Bramer, 1631 Scheiner, 1638 Niceron, 1642 de Breuil, 1647 Boſſe, 1648 Deſſargues, 1669 Wren, 1679 Huvret, 1687 Fuelbiſch, 1693 Puteus, 1701 Lamy, 1707 Tacquet,

1711 s'Graveſande, 1719 Schübler ꝛc. viel für die Perſpectiv gethan. Käſtner ſuchte im Jahr 1[illegible] die Algebra auf die Perſpectiv anzuwenden, ſowie ſpäter de la Caille die Trigonometrie und Analyſis mit ihr zu verbinden trachtete. Taylor handelte ums Jahr 1755 die Theorie der Perſpectiv ſehr allgemein ab; er nahm dabei die Tafel gleich anfangs als ſchiefliegend an. Meiſter beſchrieb im Jahr 1753 ein aus verſchiedenen verſchiebbaren Linealen zuſammengeſetztes Inſtrument, wodurch mittelſt des daneben gelegten Grundriſſes und Aufriſſes eine perſpectiviſche Zeichnung gebildet werden konnte. Der von Scheiner erfundene Pantograph konnte freilich zu demſelben Zwecke dienen. Lambert hatte dazu im Jahr 1768 den Proportional-Zirkel vorgeſchlagen, und Peacock 1785 eben dazu drei neue Inſtrumente erfunden.

§. 263.

Im Jahr 1759 zeichnete ſich Lambert durch ſeine freie Perſpectiv als ein ſcharfſinniger Schriftſteller in dieſer Wiſſenſchaft aus. Lambert gab eine Methode zu perſpectiviſchen Zeichnungen an, welche ſich unter andern auf eine Eintheilung der Horizontallinie in Grade gründete, und zwar nach den Winkeln, den die zu entwerfenden horizontalen Linien mit der Tafel machen. Er mußte freilich ſelbſt zugeſtehen, daß die Erfindung dieſer Methode eigentlich dem de la Caille gebührt. Ums Jahr 1774 gab Lambert auch eine eigne Luftperſpectiv heraus, nachdem er zwei Jahre früher zur Entwerfung der Land- und Himmelscharten, nach perſpectiviſchen Regeln, eine eigne Anleitung gegeben hatte.

Karſtens Perſpectiv vom Jahr 1775 war gründlich

und ausführlich abgefaßt. Auch von Zanoti's Perſpectiv, die 1766 erſchien, konnte man faſt daſſelbe rühmen. Von Segners Perſpectiv, die im Jahr 1779 nach des Verfaſſers Tode erſchien, war ganz theoretiſch, nach geometriſcher Methode. Die Perſpectiv des Clarke vom Jahr 1776, ſowie diejenige des Werner vom Jahr 1781 waren ganz praktiſch. Mönnich lieferte im Jahr 1794, Bürja 1795, Rödel 1795, Horſtig 1797, Breyſig 1798, Hindenburg 1799, Gruber und Ladomus 1804, Eytelwein 1809 einen guten brauchbaren Unterricht in dieſer Wiſſenſchaft.

§. 264.

Was den ſchriftlichen Unterricht über die eigentlichen optiſchen Wiſſenſchaften betrifft, ſo ſind darüber allerdings manche ſchätzbare Werke an's Licht getreten. Johann Pena und Conrad Daſypodius gaben im Jahr 1557, jeder für ſich, die Optik des Euclides heraus. Dieſelbe Optik des Euclides wurde im Jahr 1703 auch von dem Schottländer Gregory dem Publikum übergeben. Nutzbarer war freilich die im Jahr 1535 von Peter Apian beſorgte Herausgabe der optiſchen Bücher des Vitellio und der im Jahr 1572 von Friedrich Risner zur Welt geförderte optiſche Theſaurus, welcher Alhazens und Vitellio's Werke zugleich enthielt. Maurolycus Optik vom Jahr 1575, ſowie die Dioptrik des Kepler vom Jahr 1611 hatten freilich, vornehmlich die letztere, viel mehr wiſſenſchaftlichen Werth. Die optiſchen Werke des Gregory vom Jahr 1633; des Mydorge vom Jahr 1641; des Kircher vom Jahr 1644, 1646 und 1671; die Dioptrik des Descartes vom Jahr

1656; die Optik, Katoptrik und Dioptrik des Barrow vom Jahr 1674 und des David vom Jahr 1695 erweiterten und berichtigten manche der früheren Lehren.

Einen viel größern Schritt thaten die optiſchen Wiſſenſchaften, vornehmlich die Katoptrik und Dioptrik, durch Newtons Werke vom Jahr 1704 und 1729, nachdem Huyghens ihnen durch ſeine 1703 erſchienene Dioptrik vorgearbeitet hatte. Bouguers Optik vom Jahr 1729 trat den Newtonſchen Werken rühmlich zur Seite. Beſonders vollſtändig und lehrreich war Smiths Optik vom Jahr 1738, die Käſtner im Jahr 1755 in's Deutſche überſetzte und hin und wieder commentirte. Die Optik des de la Caille vom Jahr 1756 war des Rühmens werth; auch diejenige des Scheffer vom Jahr 1757 hatte viel Gutes. Aber Boscowichs Optik vom Jahr 1768 und 1785, beſonders Eulers Dioptrik vom Jahr 1769 waren ihnen doch ſehr merklich überlegen. Priſtley erwarb ſich durch ſeine (freilich nicht geordnete) Geſchichte der Optik, die Klügel im Jahr 1776 in's Deutſche überſetzte, viele Verdienſte, ſowie Biſchofs Dioptrik vom Jahr 1772, Harris Optik vom Jahr 1775, Klügels analytiſche Dioptrik vom Jahr 1778 der Litteratur der mathematiſchen Wiſſenſchaften zur Zierde gereichten. Bürja bearbeitete die optiſchen Wiſſenſchaften im Jahr 1793, und ich ſelbſt ſuchte im Jahr 1823 in meiner Lehre vom Sehen Alles aufzuführen, was in den optiſchen Wiſſenſchaften das Wichtigſte ſeyn möchte.

Dritter Abſchnitt.
Die aſtronomiſchen Wiſſenſchaften.

§. 265.

Der Urſprung der Aſtronomie oder Sternkunde fällt in die alleräl teſten Zeiten. Hirten und andere Menſchen, die im Freien zu leben gezwungen waren, hätten Zeit und Muße genug, den geſtirnten Himmel zu beobachten; ſie ſahen, wie die Sterne, wenn ſie aufgegangen waren, immer höher vom öſtlichen Horizonte an emporſtiegen, wie ſie in Weſten wieder untergingen, wie manche derſelben (die Sternbilder, Conſtellationen oder Fixſtern-Gruppen) ihre Stellung gegen einander und die Geſtalt, welche ſie gemeinſchaftlich bildeten, nie veränderten, und wie dagegen einige wenige andere (die Planeten) ihre Stellung gegen ſo viele andere nach und nach veränderten; ſie beobachteten die Zeit ihres Auf- und Untergangs in den verſchiedenen Jahrszeiten, und gebrauchten ſie als Zeitmeſſer für die Geſchäfte des Tages; ſie bemerkten es, wie Sonne, Mond und einige der größten Sterne (Planeten) bisweilen ganz oder zum Theil verfinſtert wurden; ſie ſahen, wie die Sonne im Sommer, des Tages über, einen größern Bogen am Himmel beſchrieb und ſich länger über dem Horizonte verweilte, als im Winter; ſie dachten über die Urſache nach, warum nur des Nachts Sterne am Himmel erblickt würden, wo ſie wohl am Tag blieben, wo die Sonne des Nachts bliebe ꝛc.; ſie beobachteten die Zunahme und Abnahme der Tageslänge in den verſchiedenen Jahrszeiten; ſie achteten auf die Bewegung des Mondes,

auf ſeinen Lichtwechſel u. dgl. mehr. Da ſtudirten ſie denn freilich ſchon Aſtronomie für ſich, aber eine ganz natürliche Aſtronomie. Einer und der andere der erſten Menſchen mag wohl über die Urſache dieſer Erſcheinungen weiter nachgedacht haben, um den Grund zu erforſchen, worauf ſie beruhen.

§. 266.

Daß die Sonne des Morgens gen Oſten aufging, den Tag über am Himmel ſtand, des Abends gen Weſten wieder unterging, bis den andern Morgen unter dem Horizonte blieb, dann wieder über dem Geſichtskreiſe emporſtieg, und ihren ganzen (ſcheinbaren) Lauf um die Erde in einem Tage vollendete, war freilich wohl die erſte und einfachſte Beobachtung, welche man nur machen konnte. Daß die Sonne von einer gewiſſen Zeit bis zu einer gewiſſen Zeit (in den meiſten bewohnten Ländern von Halbjahr zu Halbjahr) immer ſpäter und ſpäter unterging und des Tages über einen immer größern oder höhern Bogen am Himmel beſchrieb, und daß ſie dann auf einmal (nach Vollendung eines halben Jahres) allmälig wieder ſpäter und ſpäter aufging, früher unterging und wieder einen kleinern Bogen am Himmel beſchrieb, bis ſie dieſelbe Erſcheinung (nach Endigung eines Jahres) wieder von vorn anfing; das mußte wohl bald auf den Gedanken bringen, die Sonne habe außer ihrer täglichen (ſcheinbaren, blos durch die Axen=Umdrehung der Erde veranlaßten) Bewegung noch eine beſondere jährliche.

Wenn der Mond ſchien, ſo ſah man ihn gleichfalls täglich eine (ſcheinbare, aus der Axen=Umdrehung der Erde entſtehende) Bewegung um die Erde machen; man ſah aber auch,

daß er zu einerley Zeit des Abends nicht immer bei demſelben Sterne ſtand, ſondern weiter gegen Morgen vorgerückt war, daß dabei zugleich ſein Licht ſich veränderte, daß er bald nur ſichelförmig, bald erſtes Viertel, bald Vollmond, dann wieder letztes Viertel, wieder ſichelförmig ꝛc. ward, daß vor dem Vollmonde ſeine Spitzen oder Hörner gegen Morgen, nach dem Vollmonde gegen Abend gekehrt waren. Und daraus ſchloß man richtig auf eine monatliche Bewegung des Mondes um die Erde und auf ſein von der Sonne entlehntes Licht. — Solche aſtronomiſche Kenntniſſe gehörten ohnſtreitig unter die älteſten, welche die Menſchen beſitzen mochten.

§. 267.

Die älteſten Chineſer, Chaldäer, Aegyptier, Indianer, Phönizier, Griechen und andere Völker des caueſten Alterthums hatten ſolche aſtronomiſche Kenntniſſe (§. 265 f.) aus ihren Himmels-Beobachtungen geſchöpft. Wie weit ihre Kenntniſſe ſonſt noch gingen, wiſſen wir nicht; daß ſie nur Stückwerk und nicht zu einer ſyſtematiſchen Wiſſenſchaft gebildet waren, kann man leicht denken. Die fünf Planeten Merkur, Venus, Mars, Jupiter, Saturn lernten ſie übrigens bald kennen. Aber erſt ſpäter verbanden ſie damit richtigere Einſichten über ihre Bewegung, Natur ꝛc.

Die Chineſer, deren Klima zu aſtronomiſchen Beobachtungen ſehr günſtig war, ſollen ſchon unter dem Kaiſer Yao, 2300 Jahre vor Chriſti Geburt, die Bewegungen der Himmelskörper gekannt haben. Man ſpricht von einer Sonnenfinſterniß, die ſie über 2000 Jahre vor Chriſti Geburt beobachteten, von ihrer Beobachtung der Solſtitien ohngefähr 1100 Jahre vor der chriſtlichen Zeitrechnung; u. dgl. Aber

das Alles iſt ungewiß, und ohnedies kann man über den damaligen Zuſtand der Sternkunde nicht viel daraus abnehmen. Sehr wahrſcheinlich iſt die Aſtronomie der Chineſer nicht früher, als 700 Jahre vor Chriſti Geburt entſtanden.

§. 268.

Ohngefähr von derſelben Zeit oder doch nicht viel früher kann man mit einiger Zuverläſſigkeit den Urſprung der Aſtronomie der Chaldäer herſchreiben. Was man (wie z. B. Geminus und Simplicius) von ihren frühern aſtronomiſchen Kenntniſſen erzählt, iſt ſehr unſicher. Ptolemäus lieferte in ſeinem Almageſt Berechnungen von drei Mondsfinſterniſſen, welche die Chaldäer in den Jahren 27 und 28 der Aera des Nabonaſſars (des erſten Königs in Babylon zur Zeit des zweiten aſſyriſchen Reichs) beobachtet hatten. Außerdem führte Ptolemäus noch vier andere Beobachtungen an, von denen die letzte in das Jahr 367 der Nabonaſſariſchen Aera oder in das Jahr 380 vor Chriſti Geburt fällt.

Die Chaldäer ſcheinen die erſten Völker zu ſeyn, welche die wahre Urſache der Finſterniſſe, die ſonſt nur Schrecken erregt hatten, zu entdecken ſuchten. Bei der Sonnenfinſterniß mußte ihnen dies natürlich zuerſt gelingen; ſie mußten bald finden, daß dieſe Finſterniß von dem vorbei ziehenden Monde herrühre. Der Grund der Mondfinſterniß, daß dieſe nämlich von dem in die Mondſcheibe eintretenden Erdſchatten herrühre, konnte weniger leicht aufgefunden werden.

Die Perſer beſtimmten ſchon 516 Jahre vor Chriſti Geburt die Zeit nach Sonnen-Umläufen; auch hatten ſie ſchon eine einfache Art von Kalender.

§. 269.

Die Aegyptier hatten frühzeitig gute aſtronomiſche Kenntniſſe. Wahrſcheinlich machten ſie ſchon 1600 oder 1700 Jahre vor der chriſtlichen Zeitrechnung manche intereſſante Beobachtungen. Die große Genauigkeit, womit ſie ihre berühmten Pyramiden nach den vier Hauptgegenden des Himmels zu richten wußten, zeigt, daß ſie ſchon eine richtige Kenntniß von der Mittagslinie hatten. Herodot, Diodor, Strabo und andere alte Schriftſteller bezeugen es, daß die Aegyptier zuerſt die Eintheilung des Jahres in zwölf Monate von dreißig Tagen eingeführt haben. Sie fügten auch, um das Jahr voll zu machen, fünf Ergänzungstage und am Ende einer Periode von vier Jahren noch einen Ergänzungstag hinzu. Selbſt die Eintheilung der Monate in Wochen führten ſie ein. Lange vor den Zeiten Alexanders des Großen hatten ſie, wie Diogenes Laertius erzählt, 363 Sonnenfinſterniſſe und 833 Mondfinſterniſſe beobachtet; und nach Macrobius bewieſen ſie ſchon, daß Merkur und Venus ſich in eignen Kreiſen um die Sonne bewegten.

§. 270.

Wenn auch in den Geſchichtsbüchern der alten Hebräer, z. B. des Joſephus, die jüdiſchen Patriarchen als Erfinder der Aſtronomie angegeben werden, ſo kann dies doch weiter nichts, als Eitelkeit und Ruhmſucht verrathen. Einige Kenntniſſe von der Sternkunde hatten die Juden wohl; aber keine ſehr bemerkbare, weil ſie ſonſt wohl bei manchen Gelegenheiten nützlichen Gebrauch davon gemacht und in mancher Hinſicht nicht ſo lange in einer gewiſſen Finſterniß gelebt hätten.

Erſt als die Juden unter Nebukadnezar nach Babylon in die Gefangenſchaft geführt und mit unterrichtetern Völkern in Verbindung kamen, da erſt erhielten ſie einigen Geſchmack für Wiſſenſchaften, namentlich für Aſtronomie, Optik und Geometrie. Vornehmlich beſchäftigten ſich einige Rabbinen damit. Bei der ſpätern Zerſtreuung der Hebräer nach der Zerſtörung Jeruſalems nahmen ſie die Gebräuche, Beſchäftigungen, Künſte ꝛc. derjenigen Völker an, unter welchen ſie leben mußten. Da kam es denn, daß z. B. in Griechenland auch jüdiſche Mathematiker angetroffen wurden.

§. 271.

Die alten Indier hatten in der Aſtronomie gleichfalls ſchon Kenntniſſe; aber wie viel ſie davon beſaßen, wiſſen wir nicht. Als Pythagoras Indien durchreiſte, verbreitete dieſer treffliche Mann mancherley Kenntniſſe in jenem Lande. Nach einem indiſchen Manuſcripte, welches der franzöſiſche Geſandte de la Loubere im Jahr 1687 aus Siam nach Frankreich brachte, und welches von dem berühmten Caſſini ſtudirt wurde, gab es in Indien eine in das Jahr 544 vor Chriſti Geburt fallende bürgerliche und eine in das Jahr 633 nach Chriſti Geburt fallende aſtronomiſche Epoche; und um die Zeit der erſten Epoche kannten die Indier den Unterſchied des tropiſchen Sonnenjahres und des anomaliſtiſchen Jahres, die Gleichung des Mittelpunkts der Sonnenbahn, die beiden Hauptgleichungen des Mondes und den Cyclus von neunzehn Sonnenjahren, welcher 235 Mond-Umläufe in ſich faßt. Indeſſen vermuthen manche gediegene Gelehrte, daß Caſſini, in ſeinen Entdeckungseifer vertieft, wohl manches in dem Manuſcripte nach ſeinem Wunſche gemodelt und an-

ders ausgelegt haben möge, als der Sinn geweſen ſey. Heutiges Tages ſind Siamer, Bramanen und andere Indianer ſehr weit zurück in der Sternkunde. Nur ſehr unvollkommene Kenntniſſe haben ſie von einzelnen Theilen der Aſtronomie, z. B. von der Jahreslänge, von der Tages-Eintheilung durch eine Art Sonnenuhren, von der Eintheilung des Thierkreiſes, von dem Fortrücken der Nachtgleichen und von der Methode, Sonnen- und Mondfinſterniſſe zu berechnen.

Daß die Phönicier, ſchon im hohen Alterthume ein handelndes Volk voller Thätigkeit, nicht minder manche gute aſtronomiſche Kenntniſſe, vornehmlich von der Bewegung der Geſtirne, gehabt haben, kann man leicht denken. Schon ihre Seereiſen nöthigten ſie zur Beobachtung der Geſtirne, um durch deren veränderten Stand die Gegend zu beurtheilen, wo ſie ſich befänden und wo ſie hinſegeln müßten.

§. 272.

Bei den Griechen ſoll Thales von Milet, der bekannte Stifter der Joniſchen Schule, der erſte geweſen ſeyn, welcher in ſeinem Vaterlande wiſſenſchaftliche aſtronomiſche Kenntniſſe verbreitete. Was vor ihm die Griechen in der Sternkunde wußten, waren gleichſam nur Brocken von der Stellung und Bewegung der Himmelskörper, von Sonnen- und Mondfinſterniſſen u. dgl. Wahrſcheinlich hatte Thales ſeine erſten aſtronomiſchen Kenntniſſe aus Aegypten geholt; zu Hauſe bildete er ſie für ſich weiter aus und gab ihnen durch eigne Beobachtungen einen größern Umfang. Er zeigte den Griechen, woher die Ungleichheit der Tage und Nächte komme; er erklärte ihnen die Urſache von den Sonnen- und Mondfinſterniſſen, ſowie die Art und Weiſe, wie man ſie

vorausbeſtimmen könne. Da er ſelbſt einmal die Zeit und Stunde vorausſagte, wann eine Sonnenfinſterniß eintreten würde, und da ſeine Vorausſagung richtig zutraf, ſo ſetzte er ſich dadurch bei ſeinen Landsleuten in großes Anſehen.

§. 273.

Sein Nachfolger Anaximander in der Schule zu Milet bildete manches, was Thales gegründet hatte, weiter aus und fügte ſelbſt neue Entdeckungen hinzu. Er hatte ſchon die Idee von der runden kugelartigen Geſtalt der Erde, welche bald nach ihm Anaximenes, Anaxagoras, Pericles, Archelaus u. a. auffaßten und weiter verfolgten. Es war ſchon dem Geiſte dieſer Männer wahrſcheinlich genug, daß die runde Erde ſich um den Himmel herum bewege.

Dem Anaximander ſchreibt man auch die Erfindung der Himmelskugeln (Himmels=Globen) und der geographiſchen Charten zu. Zu Lacedämon ließ er einen Gnomon errichten, und mittelſt deſſelben beſtimmte er die Schiefe der Ecliptik, die Solſtitien und Aequinoctien. Ueberhaupt erfand er auch verſchiedene Arten von Sonnenuhren, und manche der vorhandenen verbeſſerte er.

§. 274.

Da man die meiſten Sterne, nämlich die Fixſterne, in ſolchen unveränderlichen Haufen oder Gruppen erblickte, die eine gewiſſe Geſtalt hatten, ſo ſuchte man ſchon in alten Zeiten die ganze Summe dieſer Sterne nach ſolchen Gruppen, in ſogenannte Geſtirne, Sternbilder oder Conſtellationen einzutheilen, um ſie beſſer in Erinnerung behalten und leicht wieder auffinden zu können. Alle Sterne ein=

zeln zu behalten, wäre ja unmöglich geweſen. Zur Zeit des Thales und des Anaximanders wurde dieſe Eintheilungsart vervollkommnet. Die Phantaſie der Griechen ſchuf allerley Geſtalten aus Sternen-Gruppen, woraus ſie dann wirklich hiſtoriſche oder nur fabelhafte Sinnbilder machten, die von Ackergeräthen, von Menſchen- oder Thiergeſtalten u. dgl. ihren Namen erhielten, wie z. B. der Wagen oder große Bär, der Orion, die Gluckhenne oder die Plejaden ꝛc. Ohngefähr 150 Jahre vor Chriſti Geburt entwarf Hipparch ein Fixſternen-Verzeichniß aus 1022 Sternen beſtehend und in 49 Sternbilder geordnet (§. 305.). Ptolemäus hat dieſes Verzeichniß in ſeinem Almageſt aufbewahrt.

Die Milchſtraſſe, aus unzählig vielen Sternen beſtehend, iſt als ſolche, wie Plutarch bezeugt, ſchon von Democrit angeſehen worden. Nach Erfindung der Fernröhre, wo manche von jenen Sternen einzeln ſichtbar wurden, beſtätigten die Aſtronomen dieſe Meinung. Die unermeßlichen Entfernungen der Sterne ſind Urſache, daß ſie insgeſammt nur einen vereinigten Lichtſchimmer darſtellen.

§. 275.

Ein etwa 60 Grad breiter Kugelſtreifen am Himmel, über welchem hin Sonne, Mond und Planeten ſich bewegen oder zu bewegen ſcheinen, wird Thierkreis oder Zodiakus genannt. Die Griechen lernten einen ſolchen Thierkreis von den Aegyptiern kennen; aber erſt zur Zeit des Thales ſtellten ſie ihn in einer regelmäßigen Geſtalt vor ihre Augen, und man darf wohl vermuthen, daß er zu Anfange nur den Lauf der Sonne und des Mondes in ſich faßte, deren Bahnen ſich unter einem Winkel von 5 Graden durchſchneiden.

Der Thierkreis wurde in zwölf Conſtellationen eingetheilt. Ihre Namen-Folge von Weſten nach Oſten und Zeichen ſind:

Widder, Stier, Zwillinge, Krebs, Löwe,
♈ ♉ ♊ ♋ ♌
Jungfrau, Waage, Skorpion, Schütze,
♍ ♎ ♏ ♐
Steinbock, Waſſermann, Fiſche.
♑ ♒ ♓

§. 276.

Der Name Thierkreis, Zodiakus (von Ζωδιον, ein kleines Thier) entſtand, weil die Sterngruppen, welche ſich in demſelben oder nahe dabei befinden, meiſtens Thiere vorſtellen. Die Ecliptik oder Sonnenbahn befindet ſich darin. Der Name Ecliptik rührt von dem griechiſchen Ἐκλειπειν her, welches ſo viel wie verfinſtern heißt, weil Sonnen- und Mondfinſterniſſe nur dann ſich ereignen können, wenn der Mond in der Ecliptik oder nahe dabei ſich befindet. Die alten Hirten und Feldarbeiter merkten ſich beſonders diejenigen Sterngruppen, welche in jedem Monat ganz kurz vor Aufgange der Sonne über den Horizont in Oſten aufſtiegen, und dieſe waren es denn hauptſächlich, denen ſie vor allen übrigen beſondere Namen und Figuren beilegten.

§. 277.

Mit den Geſtirnen des Thierkreiſes hatte es in dieſer Hinſicht folgende Bewandniß.

Der Widder, deſſen Zeichen ein Paar Widderhörner vorſtellen ſoll, erhielt ſeinen Namen von der Lammzeit, welche im hohen Alterthume herannahte, wenn dieſes Geſtirn kurz vor Sonnen-Aufgange in der Morgendämmerung erſchien;

in ſpäterer Zeit wurde für die Entſtehungsart jenes Namens eine Fabel ausgeſonnen, worin ein Widder ein Paar Kinder durch Meereswogen retten mußte. Der Stier, deſſen Zeichen einen Ochſenkopf bedeutet, ſoll ſeinen Namen von Jupiters Verwandlung in einen weißen Stier erhalten haben, als er die ſchöne Europa entführen wollte; die Zwillinge den Kaſtor und Pollux, deſſen Zeichen leicht verſtanden wird; der Krebs, deſſen Zeichen einen Krebsſchwanz bedeutet, ſoll denjenigen Krebs vorſtellen, welcher den Herkules in die Füße zwickte, als er eben die vielköpfige große Waſſerſchlange tödten wollte; der Löwe, deſſen Zeichen einen gekrümmten Löwenſchwanz vorſtellt, ſoll den grauſamen Löwen bedeuten, welcher vom Herkules in einem Walde bei Nemea getödtet wurde, wo dann unter Herkules die Sonne verſtanden würde, welche mit ihren mächtigen Strahlen ſelbſt jenes ſehr glänzende Geſtirn überwältigte; die Jungfrau, deren Zeichen ein Aehrenbüſchel vorſtellt, ſoll die Ceres ſeyn, welche bei den Aegyptiern Iſis hieß; die Waage, deſſen Zeichen leicht für einen Waagbalken zu erkennen iſt, der Göttin der Geſetze gewidmet; der Skorpion, deſſen Zeichen den vielgliedrigen Schwanz des krebsähnlichen Thieres anzeigt, ſoll dasjenige Thier ſeyn, welches den berühmten Jäger Orion in die Ferſe ſtach und dadurch ſo vergiftete, daß dieſer davon ſtarb; der Schütze, deſſen Zeichen man leicht für einen Pfeil erkennt, ſoll den Jäger Krotus, Sohn des Pan bedeuten, welcher in Geſtalt eines Centaurs mit Bogen und Pfeil, wegen ſeiner vier Pferdef. ße ſchneller laufen konnte; der Steinbock, deſſen Zeichen Kopf, Bruſt und Schwanz dieſes Thiers vorſtellt, in welchen Jupiter den Pan verwandelte; der Waſſermann, deſſen

Zeichen ein Paar Waſſerwellen und welcher ſelbſt den Jupiter bedeutet, wie er aus einem Kruge einen ſo großen Strom goß, daß dadurch eine Waſſerfluth entſtand, worin alle Menſchen bis auf Deukalion und deſſen Gemahlin umkamen; und die Fiſche, nämlich zwei Fiſche, wie man auch am Zeichen ſieht, in welche, nach der Fabel, Venus und Amor ſich verwandelten, als Typhon ſie in einen Fluß jagte und freſſen wollte.

So waren die Auslegungen dieſer Sternbilder nach griechiſchen Legenden. Nach der ägyptiſchen Fabellehre gaben wieder andere Ereigniſſe zu denſelben Bildern Veranlaſſung.

§. 278.

Daß die fünf Planeten: Saturn, Jupiter, Mars, Venus und Merkur, welche, nebſt Sonne und Mond, den Wochentagen ihren Namen gaben, wahrſcheinlich ſchon vor der Griechen-Zeit den Menſchen bekannt geweſen ſind, wiſſen wir bereits (§. 267.). Es läßt ſich denken, daß Hirten, Feldarbeiter und herumziehende Menſchen, die ſchon aus Langeweile oder aus Neugierde zur Nachtzeit den Himmel betrachteten, dieſe Sterne von den Fixſternen dadurch unterſcheiden lernten, daß ſie in Beziehung auf dieſe Sterne, auf ähnliche Art wie der Mond (bei ſeinem monatlichen Laufe um die Erde), ihre Stelle am Himmel änderten, daß ſie bald vorwärts, bald rückwärts zu gehen, bald auch eine Zeit lang ſtill zu ſtehen ſchienen, woher ſie auch den Namen Planeten, d. h. Irrſterne oder Wandelſterne erhielten.

§. 279.

So wie das Jahr bei den meiſten Völkern aus dem jährlichen (ſcheinbaren) Umlauf der Sonne um die Erde, der Monat aus der monatlichen Umdrehung des Mondes um

die Erde entſtanden war, ſo gaben die vier verſchiedenen Haupt-Lichtgeſtalten des Mondes, Erſtes Viertel, Vollmond, Letztes Viertel und Neumond zu der Eintheilung des Monats in vier Wochen Veranlaſſung. Die Namen für die ſieben Tage in der Woche entlehnten die Alten wohl deshalb von den ſieben Planeten (Sonne und Mond dazu gerechnet), weil ſie dieſe auch als Götter verehrten und jeden Tag der Woche einem derſelben widmeten.

Sie fingen aber die Woche am Sonnabend an, damals Saturns-Tag genannt, woraus, zuſammengezogen, im Deutſchen Samſtag entſtand. Der zweite der Sonne gewidmete Tag hieß Sonntag; der dritte dem Monde gewidmete Montag; der vierte dem Mars gewidmete Marstag oder im Deutſchen Dingſtag (woraus Dienſtag entſtand), weil einige nördliche Völker das Thun des Kriegsgottes Dingen nannten; der fünfte, den wir Mittwochen nennen, weil er mitten in der Woche liegt, hatten die Alten dem Merkur gewidmet, und da dieſer dem Götzen Wodan der Germanier ähnlich geweſen ſeyn ſoll, ſo wurde er oft auch Wodanstag oder Woenstag genannt; der ſechſte wurde dem Donnergotte oder Jupiter gewidmet und hieß deswegen Donnerſtag; und der ſiebente der Venus, eine ähnliche Göttin wie die Freia der nördlichen alten Völker, weshalb wir ihn Freitag nannten.

§. 280.

Als die griechiſchen Aſtronomen den Thierkreis genauer zu beſtimmen angefangen hatten, da kannten ſie wohl ſchwerlich ſchon die Neigung der Planetenbahnen gegen die Ebene der Ecliptik (der Sonnenbahn) nach derjenigen Richtigkeit, wie

wir ſie jetzt kennen. Auch gehen die genauen Beobachtungen, welche man über die Bewegungen und Erſcheinungen des Saturn, Jupiter, Mars, Venus und Merkur angeſtellt hat, nicht weiter, als etwa dreihundert Jahre vor der chriſtlichen Zeitrechnung hinauf. Es gehörten erſt Zeit und viele Beobachtungen dazu, alles wunderbar ſcheinende jener Bewegungen auf eine wahrſcheinliche Art zu erklären. Merkur verurſachte in dieſer Hinſicht die meiſten Schwierigkeiten, weil er ſo oft in den Sonnenſtrahlen verborgen iſt.

§. 281.

Von den Kometen hatten die Alten ganz falſche aberglaubiſche Begriffe. Sie hielten ſie für Meteore, welche das höchſte Weſen von Zeit zu Zeit erſcheinen ließe, um den Menſchen ſeinen Zorn und eine darauf folgende außerordentliche Erſcheinung, wie Krieg, Peſtilenz und theure Zeit anzudeuten. Das letztere wurde ſelbſt in den neuern Zeiten noch von den ungebildeten Ständen geglaubt. Die plötzliche Erſcheinung der Komenten, ihre unregelmäßige Bewegung, ihre oft ſehr langen und den Augen der Menſchen oft von ſeltſamer Geſtalt dargeſtellten Schweife konnten den Erdbewohnern wohl als etwas Außerordentliches, ja Schreckliches vorkommen.

Selbſt die beſſern alten Aſtronomen ſcheinen ſich nicht viel um die Kometen bekümmert zu haben, vermuthlich deswegen nicht, weil ſie dieſelben nicht wie den Mond und die Erde für feſte Himmelskörper hielten, und weil die oft gar zu kurze Dauer ihrer Erſcheinung ihnen die Luſt zur Beobachtung derſelben benahm. Erſt einer neuern Zeit blieb es vorbehalten, über dieſe ſonderbaren Himmelskörper beſſere Auskunft zu bekommen.

§. 282.

Es läßt ſich denken, daß ſchon die Aſtronomen der älteſten Völker das Sonnenjahr hatten, daß ſie nämlich ſchon die Dauer von einer Frühlings=Nachtgleiche bis zur andern oder von einer Winter=Sonnenwende bis zur nächſtfolgenden ꝛc. wenigſtens bis auf einige Tage richtig bemerkt haben. Sie ſahen ja, daß die Sonne bei Erſcheinung eines jeden Neumondes um einen ſehr bemerkbaren Theil gegen Oſten vorgerückt und nach zwölf verfloſſenen Monaten um den ganzen Himmel herumgekommen war. Da ſie keine eigentliche Beobachtungs=Werkzeuge hatten, und da der helle Glanz der Sonne kurz vor ihrem Aufgange und kurz nach ihrem Untergange es ihnen nicht verſtattete die Zeit des Auf= und Untergangs mit vieler Schärfe wahrzunehmen, ſo glaubten ſie, daß jene Dauer 12mal 30, d. i. 360 Tage betrüge. Dieſe gaben ihnen nun ein Zeitmaß, das Sonnenjahr, ab. Das Fehlerhafte jener Beobachtung erzeugte in der Folge manche Schwierigkeit in der Zeit=Beſtimmung.

§. 283.

Ohnſtreitig iſt die Erfindung des Sonnenjahres älter, als alle Nachrichten, die aus dem Alterthume zu uns gekommen ſind. Vermuthlich wandte man den Mond und ſeine Viertel noch früher zu einem Zeitmaße an, als die Sonne. Aber auch einen Mond=Umlauf nannte man in den älteſten Zeiten ein Jahr, worunter man, wie z. B. auch unter dem lateiniſchen Worte Annus (ein Kreislauf oder Ring) nichts weiter verſtand, als einen Umlauf, eine Periode. Auf dieſe Weiſe konnte freilich auch nicht blos ein Monat, ſondern ſogar ein Tag Jahr genannt werden. Und ſo iſt es denn ge=

kommen, daß bei den verſchiedenen älteſten Nationen ſo mancherlei Arten von Jahren und von ſo ganz verſchiedener Länge üblich waren, und daß manche Völker ihren Urſprung auf viele Dutzende von Jahrtauſende, auf Hunderttauſende von Jahren ꝛc. hinausſetzen, der kaum ein Paar Jahrtauſende beträgt, wenn wir unter Jahr unſer Sonnenjahr verſtehen. Das hat freilich in der Geſchichte manche Unordnung verurſacht.

§. 284.

In der Schule, welche Pythagoras in Italien ſtiftete, wurde die Aſtronomie als ein beſonders Studium behandelt. Was Anaximander, Anaximenes u. a. nur gemuthmaßt hatten (§. 273.), wurde von Pythagoras und deſſen Schülern oder Anhängern Empedocles, Philolaus, Eudoxus ꝛc. zur Gewißheit erhoben. Dieſe vortrefflichen Männer hatten bemerkt, daß Menſchen an verſchiedenen Orten der Erde einerlei Stern zu einer und derſelben Zeit nicht auf einer gleichen Höhe über dem Horizont erblickten, auch wenn (wie auf der See) gar keine Berge oder ſonſtige Unebenheiten vorhanden waren. Daraus ſchloſſen ſie ſehr richtig, daß die Oberfläche der Erde keine Ebene bilden könne, ſondern nothwendig rund, kugelartig ſeyn müſſe. Pythagoras redete deswegen ſogar ſchon von Gegenfüßlern oder Antipoden.

Pythagoras dachte ſich auch ſchon, was erſt in neuerer Zeit Kopernikus ergründete, die Sonne im Mittelpunkt der Planetenwelt unbeweglich, und die Erde ſammt den übrigen Planeten in den himmliſchen Räumen um die Sonne ſich bewegend. Aber nur ins Geheim theilte Pythagoras

dieſe Gedanken ſeinen Schülern mit, weil er die gemeinen Vorurtheile nicht öffentlich anzugreifen ſich getraute; denn auch damals ſchon war die Bekämpfung der Unwiſſenheit und des Fanatismus mit mancherlei Gefahren verknüpft.

§. 285.

Schon bei den alten Völkern wurde es von der höchſten Wichtigkeit gehalten, die Bewegungen der Himmelskörper, hauptſächlich der Sonne und des Mondes, zu einem Zeitmaß anzuwenden. Hatte man in der allerfrüheſten Zeit gefunden, daß das Sonnenjahr 360, ſpäter aber, daß es 365 Tage lang ſey oder daß die Sonne vermöge ihres (ſcheinbaren) jährlichen Laufs in 365 Tagen wieder an denſelben Ort zurückkehrte, ſo entdeckte man doch noch ſpäter, daß ein ſolches Jahr noch mehrere Stunden länger iſt als 365 Tage. Die Aegyptier und die erſten griechiſchen Aſtronomen ſetzten es zu 365 Tagen und 6 Stunden feſt, alſo um ohngefähr 11 Minuten länger, als die wahre Länge beträgt. Denn die neuere Aſtronomie beſtimmt es zu 365 Tagen, 5 Stunden, 48 Minuten und 48 bis 49 Sekunden.

Obgleich der Mond den Erdbewohnern über 400mal näher iſt als die Sonne, ſo hat doch die Beſtimmung der Dauer ſeines monatlichen Umlaufs um die Erde den ältern Aſtronomen mehr Schwierigkeiten gemacht, als die Zeit der (ſcheinbaren) jährlichen Sonnen-Revolution. Lange glaubte man, der ſynodiſche Monat oder die Zeit von einem Neumonde bis zum andern wäre 29½ Tag lang. Den hierbei vorkommenden Bruch ſuchte man dadurch zu vermeiden, daß man die im Sonnenjahr enthaltenen zwölf ſynodiſchen Monate wechſelsweiſe zu 29 und 30 Tagen annahm. Diejenigen von

29 Tagen nannte man unvollſtändige (κοιλοι, cavi), diejenigen von 30 Tagen volle Monate (πληρεις, pleni). Groß waren die Fehler, welche dadurch in der Zeitmeſſung erzeugt wurden. Die Dauer des Mondenjahres war dann nämlich nur 354 Tage, da ſeine wahre Dauer doch ſehr nahe 365 Tage, 5 Stunden, 48 Minuten und 48 Sekunden betrug. Durch Einſchaltungen einiger Tage oder einiger Monate ſuchte man, nach einer gewiſſen Zahl von Sonnen-Umläufen, jenen Fehler zu verbeſſern. Aber dieſe Mittel waren freilich ſehr ungnügend und eben ſo fehlerhaft, als die Fehler ſelbſt, die man dadurch verbeſſern wollte.

§. 286.

Ohngefähr 550 Jahre vor der chriſtlichen Zeitrechnung ſchlug Kleoſtratus, ein Aſtronom von der Inſel Tenedos, eine Mond- und Sonnenperiode von acht Sonnenjahren vor, welche aus vier Unterperioden beſtand, deren jede zwei Jahre enthielt. In dieſe Periode ſchaltete man nur dreimal einen vollen Mondenmonat ein, und zwar am Ende des dritten, fünften und achten Jahres. Man nannte dieſe Periode Octanteris.

Einfach war dieſe Periode allerdings; auch genau würde ſie ſeyn, wenn das Sonnenjahr 565 Tage, 6 Stunden, und das Mondenjahr 354 Tage hätte. Alsdann würden ſowohl die acht Sonnenjahre, als auch die acht Mondenjahre 2922 Tage enthalten, wenn man die Mondenjahre mit 90 Tagen (für die drei Einſchaltungs-Monate) vermehrte. Aber die dabei angewandten Grundſätze ſind falſch, folglich muß auch die Periode ſelbſt unrichtig ſeyn.

§. 287.

Eine beſſere Sonnen- und Mondperiode bildeten, mittelſt Benutzung gar vieler Beobachtungen, die athenienſiſchen Aſtronomen Meton und Euktemon, ohngefähr 433 Jahre vor Chriſti Geburt. Ihre Periode umfaßte einen Cyclus von 19 Sonnenjahren. Zwölf derſelben beſtanden jede aus 12, die übrigen ſieben aus 19, zuſammen alſo aus 235 Mond-Umläufen. Die ungeraden Zahlen der Mond-Umläufe vertheilten ſie nach Zwiſchenräumen auf die ganze Dauer des Cyclus; und die Jahre, in welchen man einſchaltete, waren das 3te, 6te, 8te, 11te, 14, 17te und 19te. Sie ſetzten die 235 Mond-Umläufe aus 125 vollen Monaten und aus 110 unvollſtändigen zuſammen. Das machte für die ganze Dauer der 235 Monate 6940 Tage aus, eine Dauer, welche faſt derjenigen von 19 Sonnenjahren gleich kam. Man nannte dieſen Cyclus den Cyclus des Meton, weil Meton vermuthlich den größten Antheil an der Erfindung deſſelben hatte. Aelian, Cenſorin und Diodor ſprechen von ihm mit großen Lobeserhebungen. Mit glänzendem Erfolg machte man in Griechenland Gebrauch von ihm.

§. 288.

Wie hoch man dieſen Cyclus ſchätzte, zeigte ſchon das an, daß man die Ordnung ſeiner Periode mit goldenen Buchſtaben auf erzenen Tafeln eingraben ließ. Davon entſprang auch der noch in der neueſten Chronologie bekannte Name güldene Zahl. Lange Zeit hindurch diente ſie bei allen europäiſchen Nationen zur Berechnung des Kalenders als Grundlage. Selbſt jetzt wendet man ſie dazu an, aber mittelſt gewiſſer Einſchränkungen und Abänderungen. Das, was

ihr in Hinſicht der Bewegung des Mondes und der Sonne an Richtigkeit abging, konnte nämlich nicht verborgen bleiben. So fand man, daß die 6940 Tage die wahre Dauer von 235 Mond-Umläufen ohngefähr um 7 Stunden 28 Minuten übertreffen; die wahre Dauer der 19 Sonnenjahre etwa um 9 Stunden 28 Minuten. Auch trafen die Neumonde, Vollmonde und andere Lichtgeſtalten (Phaſen) des Mondes nicht genau in dieſelben Epochen von einem Cyclus zum andern.

§. 289.

Dieſe Unvollkommenheiten wurden ſchon zu jener Zeit, nach Ablauf von vier oder fünf Cyclen wirklich bemerkt. Deswegen ſchlug der, 338 Jahre vor Chriſti Geburt lebende athenienſiſche Aſtronom Kalippus einen neuen Cyclus vor, welcher aus 76 Sonnenjahren oder 4 Metonſchen Cyclen beſtand. Nach Ablauf dieſer Zeit mußte ein Tag aus ihm herausfallen. Die Periode hatte mithin drei Theile, jeden von 6940 Tagen und einen vierten von nur 6939 Tagen. Hatte auch dieſer neue Cylcus mehr Genauigkeit, als der Metonſche, ſo ging ihm doch manches an der gehörigen Vollkommenheit ab, wenn man ihn mit der Bewegung der Sonne und des Mondes verglich.

Auch ſpätern Aſtronomen glückte es noch nicht, eine völlig richtige Genauigkeit und Uebereinſtimmung in jene Zeit-Eintheilung, durch Hülfe der Sonnen- und Mond-Bewegungen, zu bringen. Denn die wechſelſeitigen Störungen der Welten des Sonnenſyſtems unter einander wegen der verſchiedenen Anziehungskräfte, womit ſie auf einander wirken, bringen in ihren Bewegungen immer ſolche Veränderungen

zuwege, daß dadurch in den Cyclen immer einige Ungleichheiten hervorgebracht werden.

§. 290.

Eudoxus, welcher im vierten Jahrhundert vor Chriſti Geburt lebte, war einer der berühmteſten Aſtronomen des Alterthums. Die Sternkunde verdankt ihm mehrere wichtige Entdeckungen. Er ließ ſowohl in ſeiner Vaterſtadt Cnidus, als auch zu Heliopolis in Aegypten Sternwarten bauen, die noch lange nach ſeinem Tode als wiſſenſchaftliche Merkwürdigkeiten gezeigt wurden. Um ſeinen Zeitgenoſſen den Zuſtand des Himmels darzulegen, ſo machte er mehrere Jahre Ephemeriden bekannt, die ſo berühmt waren, daß man ſie an öffentlichen Orten anſchlug.

Eudoxus erfand eine künſtliche Sphäre, welche beſtimmt war, für das Klima von Griechenland den Auf- und Untergang der Sonne und des Mondes, die Lichtgeſtalten des Mondes, die Conſtellationen ꝛc. darzuſtellen. Er hatte darüber auch zwei Werke geſchrieben, welche Hipparch anführt. War jene künſtliche aſtronomiſche Maſchine auch noch unvollkommen, ſo war ſie für die damalige Zeit doch bewundernswürdig und dankenswerth. Der 276 Jahre vor Chriſti Geburt lebende Aſtronom Aratus, welcher auf Verlangen des damaligen macedoniſchen Königs Antigonus Gonatas die Lehren der Aſtronomie in griechiſchen Verſen vortrug, gab darin auch von der Sphäre des Eudoxus eine Erklärung. Durch Cicero, Germanicus und Avienus ſind dieſe Gedichte (Phaenomena und Prognostica) der Nachwelt überliefert worden.

§. 291.

Als die Aſtronomie einige Jahrhunderte vor Chriſti Geburt in Griechenland bedeutende Fortſchritte that, wurde ſie auch von einigen weſtlichen europäiſchen Völkern, z. B. den Galliern, mit manchem Erfolg cultivirt. So ertheilten, nach Cäſars Bericht, die Druiden bei ihrem Jugend-Unterricht beſondere Belehrungen über die Bewegung der Himmelskörper, über die Größe der Erde ꝛc. In der mit der Sternkunde ſo weſentlich verbundenen Schiffskunſt hatten die Gallier ſchon recht gute Kenntniſſe.

Der ums Jahr 380 vor der chriſtlichen Zeitrechnung in Marſeille geborne Pytheas beobachtete in ſeiner Vaterſtadt die Mittagshöhe der Sonne zur Zeit der Solſtitien mittelſt eines Gnomons. Er behauptete nach dieſen Beobachtungen, daß die Mittagshöhe der Sonne zu Marſeille und zu Byzanz einerlei ſey. Das war aber falſch, weil beide Orte um zwei Grad in der Breite von einander verſchieden waren. Seinen Beobachtungen fehlte daher viel an der erforderlichen Genauigkeit. Auch auf Reiſen in entfernte Länder machte Pytheas aſtronomiſche Beobachtungen. Er bemerkte bei ſeinem Vordringen in nordiſche Gegenden ein auffallendes Wachsthum in der Abnahme der Nächte um die Zeit des Sommer-Solſtitiums. Er ſcheint bis nach Island oder in den nördlichen Theil von Norwegen gekommen zu ſeyn, weil er auf einer Inſel, die er Thule nennt, die Sonne bald nach ihrem Untergange wieder aufgehen ſah. Man hielt damals ſeine Nachrichten für Fabeln.

Unter die übrigen Entdeckungen, welche Pytheas gemacht haben ſoll, zählt man auch diejenigen, daß der Polar-

ſtern nicht am Pole ſelbſt ſtehe, ſondern daß er mit drei andern benachbarten Sternen eine vierſeitige Figur bilde, in deren Mitte ohngefähr der Pol ſich befinde. Den Zuſammenhang der Ebbe und Fluth mit der Bewegung des Mondes ſoll er gleichfalls zuerſt dargethan haben.

§. 292.

Alexanders Ruhm- und Eroberungsſucht kam der Aſtronomie, ſowie andern Theilen der Naturwiſſenſchaften, recht ſehr zu ſtatten. Weil nämlich dem großen Fürſten viel daran gelegen war, daß die Nachwelt alle die Länder kennen lernte, die in dem Kreiſe ſeiner Eroberungen lagen, ſo ertheilte er mehreren berühmten Gelehrten, vornehmlich dem Ariſtoteles, Aufträge, die ſich auf die Befriedigung ſeiner Wünſche bezogen. Da mußten denn auch Entdeckungen ans Licht kommen und bekannt gemacht werden, die gerade nicht das Eigentliche jener Wünſche betrafen.

So ſchrieb Ariſtoteles in Auftrag jenes Fürſten viele Werke über aſtronomiſche und geographiſche Gegenſtände. Unter andern bewieß er (in ſeinem Werke de coelo) die Kugelgeſtalt der Erde aus der Mondfinſterniß, weil der über der Mondſcheibe liegende Erd-Schatten rund ſey. Daſſelbe bewieß er auch aus der verſchiedenen Höhe der Sterne, wenn ſie näher dem Pole oder entfernter davon betrachtet werden. Und als Alexander auch die Länder ſeiner Herrſchaft durch unmittelbare Meſſung unter der Oberaufſicht von Kalliſthenes aufnehmen ließ, da erhob er die Geographie durch ihre Verbindung mit der Aſtronomie zu einer wahren Wiſſenſchaft, die in der Folge immer mehr erweitert und vervollkommnet wurde.

§. 293.

Als man die Hypotheſe von der runden kugelartigen Geſtalt der Erde aufgeſtellt hatte (§. 273. und 292.), da mußte man auch einſehen, daß ſie, vom Himmel getrennt, frei im großen Weltraume ſchwebte und, verglichen mit dieſem, von keiner übermäßigen Größe war; und als man die Veränderungen in der Höhe der Geſtirne bei Reiſen bemerkt hatte, da war auch der Gedanke ſo auffallend nicht, jene verſchiedene Höhe der Sterne auf verſchiedenen Stellen der Erde, wohin man bei Reiſen kam, zu benutzen, um den Umfang der Erde zu meſſen. Von dieſem Verfahren redet Ariſtoteles (in ſeinem Werke de coelo) ſchon deutlich genug, als von einer den Pythagoräern, namentlich dem Archytas ſchon bekannten Sache.

Der erſte unter den Alten, welcher wirklich eine ſolche auf Geometrie und Aſtronomie gegründete Erd-Meſſung vornahm, war Eratoſthenes im Jahr 280 vor Chriſti Geburt. Seine, von Kleomedes uns erhaltene Meſſungsart iſt in neuerer Zeit von Riccioli, Schaubach und andern gehörig erläutert worden.

§. 294.

Eratoſthenes wußte, daß zur Zeit des Sommer-Solſtitiums die Sonne um Mittag durch den Scheitelpunkt der in Aetheopiens Nähe unter dem Krebs-Wendecirkel liegenden Stadt Syene ging. Ein in dieſer Stadt erbauter Brunnen wurde an dem Tage des Solſtitiums um die Mittagszeit ſeiner ganzen Länge nach von der Sonne beſchienen. Da Eratoſthenes (der Wahrheit ſehr nahe) vorausſetzte, Syene und Alexandrien lägen unter einerlei Meridian, ſo

ließ er zu Alexandrien, wo er Aufſeher der Bibliothek war, eine hohle Halbkugel errichten, aus deren Boden ein lothrechter Stift ſich erhob, deſſen Spitze der Mittelpunkt der Krümmung der Halbkugel war. Die von den Sonnenſtrahlen getroffene Spitze dieſes Stifts warf auf die hohle Oberfläche der Halbkugel einen Schatten. Da er nun ferner ſich vorſtellte, die Stadt Syene läge unter der lothrechten Richtung jenes Stiftes, ſo bemerkte er, daß des Mittags der zwiſchen dem untern Endpunkte des Stiftes und dem Endpunkte jenes Schattens befindliche Bogen der fünfzigſte Theil des ganzen Umfangs war. Hieraus zog er den Schluß, daß der zwiſchen Alexandrien und Syene enthaltene himmliſche Bogen dieſelbe Größe beſäße und daß auf gleiche Weiſe der zwiſchen dieſen beiden Städten befindliche Bogen der Erde auch der fünfzigſte Theil des ganzen Umfangs eines größten Kreiſes der Erde ſeyn müßte. Da man nun die Größe dieſes letztern Bogens durch unmittelbare Meſſung in Erfahrung bringen konnte, ſo brauchte man dieſe Größe nur mit 50 zu multipliciren, um den ganzen Umfang der Erde zu erhalten.

§. 295.

Als nun wirklich jener Bogen geometriſch gemeſſen wurde, da fand man, daß er 5000 Stadien betrug, folglich war der ganze Umfang der Erde 250000 Stadien, und ein Grad eines größten Kreiſes der Erde $694\frac{4}{9}$ Stadien groß. — Daß man dieſe ganze Meßoperation des Eratoſthenes höchſt merkwürdig fand, iſt nicht zu verwundern. Das obige Inſtrument, welches dazu gebraucht wurde, war das von Ariſtarch erfundene Skaphium.

Um den in der Zahl $694\frac{4}{9}$ Stadien, für die Länge eines

Grades, enthaltenen Bruch wegzuſchaffen, und in der Meinung, daß man auf 5 bis 6 Stadien genau die Länge eines Grades doch nicht beſtimmen könne, nahmen nachher einige Aſtronomen die Länge eines Grades zu 700 Stadien an. Das gab für die Länge des ganzen Umfangs der Erde 252000 Stadien.

§. 296.

Poſidonius, ein Zeitgenoſſe des Pompejus, hatte, nach Keomedes Bericht, ebenfalls eine Erdmeſſung (Gradmeſſung) vorgenommen. Dieſe gründete ſich auf die Beobachtung, daß zu Rhodus der Stern Kanopus um dieſelbe Zeit am Horizonte erſchien, wo er zu Alexandrien (welche Stadt er unter demſelben Meridian liegend annahm) um den 48ſten Theil des Umfangs am Himmels ſich erhob. Nach dieſer Vorausſetzung fand er, daß die Entfernung Alexandriens von Rhodus 5000 Stadien betrage, folglich der ganze Umfang der Erde 240000 Stadien und ein Grad 666⅔ Stadien.

In der Folge ſah man ein, daß beide Meſſungen fehlerhaft, nämlich zu groß angegeben worden waren. So hatte Poſidonius die Entfernung Alexandriens bis Rhodus viel größer angenommen, als ſie wirklich war. Will man dem Strabo glauben, welcher unter Auguſt ſeine Geographie ſchrieb, nämlich, daß Eratoſthenes jene Entfernung gemeſſen und nur zu 3750 Stadien gefunden habe, ſo würde die Länge des ganzen Erd-Umfangs 180000 Stadien und die Länge eines Grades 500 Stadien betragen. Wußte man nun die Größe eines alten Stadiums in neuerm Längenmaße, ſo konnte man die alte Erdmeſſung mit unſern neuern vergleichen. Da gab es denn freilich bedeutende Abweichungen.

§. 297.

Alexanders Aufmunterungen zur Vervollkommnung der Sternkunde hatten freilich dieſe Wiſſenſchaft weiter gebracht. Noch mehr Fortſchritte machte ſie aber durch die Aufmunterungen und freigebigen Unterſtützungen der neuen ägyptiſchen Könige, um die berühmteſten Gelehrten in allen Gegenden der Welt aufzuſuchen und nach Alexandrien zu ziehen. So kam es denn ſchon ums Jahr 295 vor Chriſti Geburt, daß Ariſtillus und Timocharis in dem Zeitraum von 26 Jahren über die Lage und Zahl der Fixſterne, ſowie über die Bewegung der Planeten, ſehr viele Beobachtungen machten. Dieſe Beobachtungen benutzte in der Folge Hipparch (§. 300 f.); auch dienten ſie noch ſpäter dem Ptolemäus zur Grundlage ſeiner Planeten-Theorie. Höchſt wahrſcheinlich hatten jene beiden Männer ſchon eingetheilte kreisförmige Inſtrumente. Ihre Schriften ſollen in der neuern Zeit noch bei den Arabern exiſtirt haben.

§. 298.

Durch mehrere aſtronomiſche Entdeckungen und Hypotheſen wurde ums Jahr 281 vor Chriſti Geburt Ariſtarch von Samos berühmt. Unter andern gab dieſer Aſtronom eine einfache, wenn auch nicht ſehr genaue, Methode an, das Verhältniß der Entfernungen des Mondes und der Sonne von der Erde ſowie den Durchmeſſer dieſer Himmelskörper zu beſtimmen.

Ariſtarch fand, wie Plinius erzählt, mittelſt ſeiner Meſſungen die Entfernung der Sonne ohngefähr 19mal größer, als die Entfernung des Mondes von der Erde. Das war freilich zu gering. Auch ſetzte er die Entfernung des

Mondes von der Erde auf 56 Erdhalbmeſſer; und das war viel richtiger. Er nahm ferner das Verhältniß des Sonnen-Durchmeſſers zum Erd-Durchmeſſer größer als 19 : 3, und kleiner bis 43 : 6; das Verhältniß des Mond-Durchmeſſers zum Erd-Durchmeſſer größer als 19 : 60, und kleiner als 43 : 108. Das Verhältniß des Mond-Durchmeſſers zum Erd-Durchmeſſer war ziemlich genau; dasjenige des Sonnen-Durchmeſſers zum Erd-Durchmeſſer zu klein. Er zeigte auch denjenigen Philoſophen, welche die Sonnenbahn für die Gränzen der Welt hielten, daß letztere ſehr viel größer ſey und daß ſich die Sonne oder die Erde zur jährlichen Sonnenbahn (oder Erdbahn) ohngefähr verhalte wie die Sonnenbahn (oder Erdbahn) zum Firſternhimmel. Seine noch vorhandene Schrift (**de magnitudinibus et distantiis solis et lunae**) iſt von Commandinus 1572 ins Lateiniſche überſetzt worden.

§. 299.

Da die Aſtronomen oder Mathematiker jener alten Zeit auch Inſtrumente erfunden hatten, welche man zu Beobachtungen oder zur Erklärung von Himmels-Erſcheinungen benutzte, ſo diente auch dieſes zur Vermehrung der Fortſchritte in der Sternkunde. Ein ſolches Inſtrument war z. B. die Armillarſphäre, welche Eratoſthenes im Muſeum zu Alexandrien aufſtellen ließ. Man ſah an ihr Ringe, welche die Ecliptik, den Aequator, die Koluren ꝛc. mit mehreren andern Theilen vorſtellten, wodurch man (auf ähnliche Art, wie bei unſerer Ringkugel) manche aſtronomiſche Erſcheinungen deutlich machen und manche Beobachtungen erleichtern konnte.

Viele Beobachtungen ſtellte Eratoſthenes ſelbſt an. Auch verfaßte er Schriften über die Sternkunde, die, bis auf eine Beſchreibung der Conſtellationen, verloren gegangen ſind. Schon ſeine Erdmeſſung allein (§. 294 f.) würde ſeinen Namen verewigen, wenn auch keine weitere Entdeckungen ſeinen Ruhm vermehrt hätten.

§. 500.

Hipparch aus Nicäa in Bithynien bereicherte um das Jahr 140 vor Chriſti Geburt die Sternkunde ganz ungemein, weshalb man ihn nicht mit Unrecht als den größten der damaligen Aſtronomen anſieht. Auf viele Beobachtungen gründete dieſer berühmte Mann, gleichſam der Carteſius ſeiner Zeit, die Entdeckungen, welche wir ihm verdanken, und nicht auf bloße ſpekulative Ideen. Seine erſten Beobachtungen ſtellte er zu Rhodus an; zu Alexandrien ſetzte er ſie fort; und hier erſt brachte er ſeine vornehmſten aſtronomiſchen Arbeiten zu Stande. So berichtigte er die Dauer eines Jahrs, welche man vor ihm zu 365 Tagen 6 Stunden angenommen hatte. Er verminderte ſie um ohngefähr 7 Minuten; und obgleich auch da noch Fehler übrig blieben, ſo war er dadurch doch der Wahrheit näher gekommen. Bedenkt man, daß Hipparch die Dauer eines Jahres (mit neuern Beobachtungen verglichen) zu 365 Tagen, 5 Stunden, 53 Minuten, 49½ Sekunden beſtimmte, obgleich er, weil keine Fernröhre exiſtirten, ſeine Beobachtungen mit bloßem Auge nur durch Beihülfe von Dioptern anſtellen mußte, ſo erſtaunt man mit Recht über die von der Wahrheit ſo wenig abweichende Genauigkeit.

Hatten die alten Aſtronomen die jährliche (ſcheinbare) Be=

wegung der Sonne als gleichförmig in einer Kreisbahn angenommen, ſo fand man ſie in der Folge doch veränderlich in Beziehung auf die Erde, wovon man aber die Urſache noch nicht wußte. Aus Hipparchs Beobachtungen ergab ſich, daß die Sonne ohngefähr 94 Tage 12 Stunden gebrauche, um von dem Frühlings-Aequinoctium zum Sommer-Solſtitium fortzurücken; aber nur 92½ Tage 12 Stunden vom Sommer-Solſtitium bis zum Herbſt-Aequinoctium. Er fand daher, daß ſie zum Durchlaufen des nördlichen Theils der Ecliptik (beinahe) 187 Tage nöthig hatte, während ſie zum Durchlaufen des ſüdlichen Theils nur 178 Tage bedurfte. Den ſüdlichen Theil der Ecliptik mußte ſie daher ſchneller durchlaufen oder zu durchlaufen ſcheinen, als den nördlichen.

§. 301.

Als Hipparch über dieſe Erſcheinung nachdachte, da fand er, daß man recht wohl bei einer gleichförmigen Bewegung der Sonne ſtehen bleiben und jenes Phänomen doch erklären könnte. Er ſetzte nämlich die Erde in eine gewiſſe Entfernung von dem Mittelpunkte der Ecliptik und ſo erhielt er die Eccentricität der (ſcheinbaren) Sonnenbahn, wodurch er die obige Ungleichheit der Bewegung (§. 300.) in Beziehung auf die Erde zu erklären vermochte. Er beſtimmte die Größe der Eccentricität in Beziehung auf den Halbmeſſer der Ecliptik, ſowie die Lage der Abſiden-Linie oder derjenigen Linie, welche die in der Richtung des Durchmeſſers einander entgegengeſetzten Punkte verbindet, worin die Sonne in ihrer größten und kleinſten Entfernung von der Erde ſich befindet. Aehnliche Bemerkungen und Berechnungen machte er auch in Hinſicht der Mondsbahn.

Nachdem er die Grundſätze dazu gehörig befeſtigt hatte, ſo entwarf er für die Bewegungen der Sonne und des Mondes Tafeln, die erſten, wie man ſie für dieſe Wiſſenſchaft verfertigt hatte. Aehnliche Tafeln ſuchte Hipparch auch für die Bewegungen der fünf Planeten Merkur, Venus, Mars, Jupiter und Saturn zum Vorſchein zu bringen. Er fand aber bald, daß die bis dahin über dieſe Planeten angeſtellten Beobachtungen nicht hinreichend dazu ſeyen.

Zwar wichen die von Hipparch beſtimmten Eccentricitäten der Bahnen der Sonne und des Mondes nicht ſehr von der Wahrheit ab; aber ſehr fehlerhaft war doch dabei die Vorausſetzung, daß dieſe Bahnen Kreiſe wären. Die Alten überhaupt dachten noch nicht an elliptiſche Bahnen. Hätten ſie dieſe gekannt, ſo würden ſie manche Ungleichförmigkeiten in der Bewegung der Planeten richtiger erklärt haben.

§. 302.

Von einer beſondern Wichtigkeit war folgende Wahrnehmung des Hipparchus. Als dieſer vortreffliche Aſtronom ſeine Beobachtungen mit den frühern des Ariſtillus und Timocharis verglich, da fand auch er, was die Chaldäer ſchon früher bemerkt hatten und was Plato ſchon wußte, daß die Fixſterne zwar immer einerley Lage gegen einander behielten, daß ſie aber alle, nach der Ordnung der Zeichen im Thierkreiſe, eine kleine Bewegung hätten, oder zu haben ſchienen, deren Größe in 150 Jahren zwei Grade, oder in einem Jahre 48 Sekunden (im Bogen) betrüge. Man widmete dieſer Bewegung bald mehr Aufmerkſamkeit; und ſo fand man genauer, daß ſie jährlich etwas mehr als 50 Sekunden ausmache.

Die Folgerungen, welche man aus dieſer Entdeckung zog, waren die: Wenn die Sonne und ein Fixſtern beide von einem und demſelben Punkte der Ecliptik fortrücken, und von Weſten nach Oſten mit Geſchwindigkeiten ſich bewegen, die ſich unter einander wie 360 Grade zu 50 Sekunden verhalten, ſo wird die Sonne zu demjenigen Punkte, von dem ſie ausging, in einer Zeit zurückkehren, welche um die den 50 Sekunden entſprechende Größe kürzer iſt, als die Zeit ihrer Rückkehr zu dem Fixſtern. So zeigte denn die Rechnung, daß, wenn die erſte Zeit oder das tropiſche Jahr 365 Tage, 5 Stunden, 48 Minuten und 48 Sekunden beträgt, die zweite Zeit oder das Sternjahr 365 Tage, 6 Stunden, 9 Minuten und 10 Sekunden ausmacht. — Und ſo ſchienen denn die Aequinoctialpunkte in Beziehung auf die Fixſterne zurückzuſchreiten.

§. 303.

Jene Bewegung (§. 302.) mußte den erſten Sternkundigen freilich ſonderbar vorkommen. Plato, der freilich nur eine ſehr unvollkommene Kenntniß von ihr hatte, glaubte aus derſelben den Schluß ziehen zu können, daß ſie von der ganzen Umdrehung des Himmelsgewölbes herrühre, daß auf dieſer Umdrehung 26000 Jahre vergingen, und daß dann immer eine neue Welt entſtände, worin alle Menſchen und alle Geſchöpfe überhaupt, die ſchon exiſtirt hatten, verjüngt zu neuem Leben hervorträten.

Man nannte die Periode von 26000 Jahren, wo der Himmel immer wieder dieſelbe Stellung hat, das große Platoniſche Jahr; ſpäter nannte man dieſelbe ſcheinbare Bewegung des ganzen Sternenhimmels das Rückwärtsgehen

der Nachtgleich-Punkte. Damit wurden denn freilich jene alten Träume vom Wiederentſtehen aller ſchon vorhandenen Dinge aus den Köpfen aller vernünftigen Menſchen hinweggebracht. Man ſah ein, daß obige ſcheinbare Bewegung der Fixſterne oder das Rückwärtsgehen der Aequinoctialpunkte von unſerer Erde ſelbſt herrühre nnd zwar von einer Art Schwankung ihrer Axe.

§. 304.

Hipparch vervollkommnete auch die Ariſtarchſche Methode (§. 298.), das Verhältniß der Entfernungen der Sonne und des Mondes von der Erde zu beſtimmen, indem er dabei hauptſächlich von der Parallaxe Gebrauch machte, d. h. von dem Winkel, welcher an einem Himmelskörper entſteht, wenn man von ihm bis zu einem Orte auf der Oberfläche der Erde und zu dem Mittelpunkte der Erde gerade Linien zieht, welche mit dem Halbmeſſer der Erde ein Dreieck bilden. Die eine Seite dieſes Dreiecks iſt der Halbmeſſer der Erde; aus ihm und den gemeſſenen Winkeln kann man die übrigen Seiten, z. B. diejenige beſtimmen, welche die Entfernung des Himmelskörpers von der Erde ausmacht.

So fand Hipparch die Parallaxen der Planeten und des Mondes ohne zu große Schwierigkeit, und daraus beſtimmte er denn die Entfernung der Himmelskörper von der Erde. Freilich wichen ſeine Reſultate oft merklich von denjenigen der neuern Aſtronomen ab. Das iſt aber nicht zu verwundern, wenn man nur wieder bedenkt, wie unvollkommen damals noch die Hülfsmittel zu den Obſervationen waren.

Weil Hipparch aus der Umlaufszeit des Mondes wußte, daß er täglich etwas mehr als 13 Grade ſeiner Bahn

durchläuft, ſo konnte er ſchon Tabellen von der Mond-Bewegung entwerfen, ſo wie er es auch für die Sonne gethan hatte.

§. 305.

Da zu Hipparchs Zeiten ſich die ſeltſame Erſcheinung ereignete, daß ein großer Stern plötzlich verſchwand, ſo war dies für den großen Sternkundigen ein Haupt-Beweggrund, ein Verzeichniß der Fixſterne zu entwerfen und dabei zugleich die gegenſeitige Lage derſelben, ihre Geſtalten ꝛc. zu bemerken. Dadurch mußte denn der Nachwelt die Beurtheilung leicht gemacht werden, ob die Sterne ihre Lage ſtets beibehalten haben, oder nicht, ob neue hinzugekommen, ältere verſchwunden ſeyen u. dgl. Und ſo legte Hipparch wirklich zu dem ganzen Gebäude der Aſtronomie einen Hauptgrund, den alle Völker ſeiner und der nachfolgenden Zeit mit größter Bewunderung anſtaunten.

Nach Plinius Bericht, zählten die Alten ſchon 1600 Sterne in den Conſtellationen des Himmels. Hipparch zählte viel weniger. Aber er beſtimmte ſie genauer. Er theilte den Himmel (wie Ptolemäus in ſeinem Almageſt erzählt) in 49 Sternbilder, wovon 12 in der Ecliptik, 21 nördliche und 16 ſüdliche waren. Er ſoll ſie ſchon auf eine Kugel getragen, folglich ſchon einen Himmels-Globus verfertigt haben.

§. 306.

Hipparchs 12 Sternbilder in der Ecliptik waren: der Widder, der Stier, die Zwillinge, der Krebs, der Löwe, die Jungfrau, die Waage, der Skorpion, der Schütze, der Steinbock, der Waſſermann und die Fiſche.

Seine 21 nördlichen Sternbilder über der Eclip-

tik waren: der große Bär, der kleine Bär, der Drache, der Bärenhüter oder Bootes, die nördliche Krone, Herkules, der Schlangenträger oder Ophiuchus, die Schlange, die Leyer, der Schwan, der Pfeil, der Adler, der Delphin, das Pferd, Cepheus, Caſſiopäa, Andromeda, Perſeus, der Fuhrmann, der Triangel oder das Delta und das Haupthaar der Berenice (letzteres ſchon von Konon an den Himmel geſetzt).

Seine 16 ſüdlichen Sternbilder waren: der Wallfiſch, Orion, der Haaſe, der Fluß (welcher aus der Urne des Waſſermanns kommt), der Fluß Eridanus oder der Orions-Fluß, der große Hund, der kleine Hund, das Schiff, die Waſſerſchlange, der Becher, der Rabe, der Centaur, die Lanze, welche der Centaur hält (ſpäter der Wolf genannt), das Rauchfaß oder der Altar, der Heroldsſtab oder die ſüdliche Krone (auch Uraniscul genannt), und der ſüdliche Fiſch.

In der Folge ſind zu dieſen Sternbildern manche andere hinzugeſetzt worden.

§. 307.

Nicht die reine Sternkunde allein, ſondern auch die Länderkunde, Handelskunde und gar viele Beſchäftigungen des gemeinen Lebens zogen großen Vortheil von Hipparchs Entdeckungen. Das Verfahren, die Lage der Oerter auf der Erde durch geographiſche Länge und Breite zu beſtimmen, iſt zwar ſchon zu Alexanders Zeiten angedeutet worden; aber erſt Hipparch brachte daſſelbe auf gewiſſe unveränderliche Grundſätze; und eben dadurch wurden die Operationen ſelbſt mittelſt verſchiedener Inſtrumente bedeutend erleichtert und mit mehr Sicherheit ausgeführt. — Die Inſtrumente der Alten, ſo unvollkommen ſie auch gegen die unſrigen waren, hatten

wenigſtens das Gute, daß ſie immer eine beträchtliche Größe beſaßen.

§. 308.

Poſidonius, welcher eine bewegliche Sphäre oder Planetenmaſchine erfand, ſtellte auf der Inſel Rhodus viele aſtronomiſche Beobachtungen an und verbreitete wirklich manche aſtronomiſche Kenntniſſe. Auch eine Grad= oder Erdmeſſung verdankte man ihm. Der etwas ſpäter lebende Kleomedes handelte in einem auf unſere Zeiten gekommenen Werke (**Cyclica theoria meteorum seu motuum coelestium**) von der Sphäre, den Perioden der Planeten, ihren Entfernungen und Größen, den Finſterniſſen ꝛc. Sein Zeitgenoſſe Geminus ſtand in wiſſenſchaftlicher Hinſicht ohngefähr auf derſelben Stufe. In ſeinen Elementen der Aſtronomie theilte er uns viele Beobachtungen der Chaldäer mit, von den Sonnen= und Mondperioden, welche dieſe Völker erdacht haben ꝛc. Ueber die Ordnung und Bewegung der Planeten lieferte er ein Syſtem, welches 150 Jahre ſpäter Ptolemäus eigentlich erſt entwickelte und erklärte.

Julius Cäſar, welcher in der That gute aſtronomiſche Kenntniſſe hatte, nahm es auf ſich, den römiſchen Kalender zu verbeſſern. Dieſer Kalender, von Numa Pompilius eingeführt, hatte ſchon in ſeiner Grundlage einige Unrichtigkeiten; und manche Irrthümer wurden nachher beigefügt. Dadurch gerieth er in eine ſolche Verwirrung, daß zu Cäſars Zeiten die Herbſt=Monate in den Winter fielen, die Winter=Monate in den Frühling, u. ſ. w.

§. 309.

Mit Hinzuziehung des Aſtronomen Soſigenes von

Athen, der nach Rom kommen mußte, ſuchte Cäſar die Ordnung wieder herzuſtellen. Zuerſt ſetzten beide Männer feſt, daß das Jahr 708, von Roms Erbauung, aus vierzehn Monaten beſtehen ſollte. Hierauf nahmen ſie das gemeine Jahr, welches bald von Julius Cäſar das Julianiſche Jahr genannt wurde, zu 365 Tagen und 6 Stunden an. Dieſe Dauer übertraf aber das alte ägyptiſche Jahr um 6 Stunden. Da es nun für das bürgerliche und politiſche Leben unbequem geweſen ſeyn würde, das Jahr bald mit der einen, bald mit der andern Stunde des Tages anfangen zu laſſen, ſo ſetzte man folgendes feſt:

Der Anfang eines jeden Jahres ſoll unveränderlich in eine und dieſelbe Stunde des Tages fallen; das gemeine Jahr ſoll 365 Tage enthalten; die übrigen 6 Stunden ſollen drei Jahre hindurch wegfallen; dafür aber ſoll in das vierte Jahr ein ganzer Tag eingeſchaltet werden, folglich ſoll das vierte Jahr aus 366 Tagen beſtehen. Man ſetzte den eingeſchalteten Tag in den Februar-Monat.

§. 310.

In dem gemeinen Jahre hieß der 24ſte Februar: **VI ante Calendas Martias**, oder der ſechſte Tag vor dem erſten März. Cäſar machte die Verordnung, daß dieſer Tag in jedem vierten Jahre zweimal gezählt werden ſolle. So gab es dann in dieſem Monate zwei Tage, von denen jeder der 6te vor dem erſten März hieß. In der Folge wurden dieſe Arten von Jahre **Anni bissextiles** genannt.

Sehr einfach war dieſe Einrichtung des Kalenders allerdings. Nur Schade! daß ſie auf der Hypotheſe beruhte, das Jahr ſey gerade 365 Tage und 6 Stunden lang. Da aber

das Jahr ohngefähr um 11 Minuten kürzer iſt, ſo häuften ſich dadurch nach und nach wieder Fehler an, die in der Folge gleichfalls hinweggeſchafft werden mußten.

§. 311.

So ſchön und ſo ernſthaft man bisher die Gegenſtände der Aſtronomie aufgefaßt und behandelt hatte, ſo trat doch nun ein Zeitpunkt ein, wo man das Herrliche der Weltordnung mit kraſſem Aberglauben zu verbinden und die erhabene Sternkunde zu einer Sterndeuterey (Aſtrologie) zu entwürdigen anfing. Manilius ſcheint dazu, unter Auguſts Regierung, durch ein lateiniſches Gedicht (**Astronomica**), welches in anderer Hinſicht manche ſchöne Stelle enthielt, den erſten Anlaß gegeben zu haben. Man muß ſich wundern, daß nicht blos charakterloſe, ſchwachſinnige, ſondern ſelbſt energiſche und kraftvolle Menſchen, beſonders Fürſten und andere Große, aus irgend einer Art von Schwärmerey, meiſtens aus Eitelkeit und Ruhmbegierde, ſich von Sterndeutern leiten und ihr Schickſal aus den Sternen ſich vorausſagen ließen. Daß unter ſolchen Sterndeutern, mit oder ohne reellen Kenntniſſen, oft auch Betrüger und nicht blos Schwärmer waren, kann man leicht denken.

Eine ſolche aſtrologiſche Wahrſagerey verbreitete ſich zum Nachtheil der wahren Wiſſenſchaft immer weiter und weiter aus und dauerte über ſechzehn Jahrhunderte fort, bis das Zeitalter ſo aufgeklärt, die Wiſſenſchaft wieder ſo geläutert wurde, daß die Aſtrologie ganz kraftlos und ohne Ausſicht zum Wiederaufſtehen darnieder ſank.

§. 312.

Der, 55 Jahr nach Chriſti Geburt lebende Geometer

Menelaus hatte ſich auch in der Aſtronomie durch ſchöne Beobachtungen, beſonders durch Anwendung ſeiner ſphäriſchen Trigonometrie auf die Lehren der Sternkunde, ausgezeichnet. Aber erſt beinahe hundert Jahre nach ihm erſchien der berühmte Ptolemäus, welcher die Aſtronomie in der Alexandriniſchen Schule, als ſie ſchon dahin zu ſterben anfing, von Neuem belebte.

Ptolemäus bereicherte die Sternkunde nicht blos mit neuen Entdeckungen, ſondern er vereinigte alle bis dahin bekannte Theile dieſer Wiſſenſchaft zu einem ordentlichen Ganzen. Er mag nun zu Peluſium oder zu Ptolemais (in Aegypten) geboren ſeyn, ſo iſt wenigſtens das gewiß, daß er frühzeitig nach Alexandrien kam und daſelbſt ſeine großen wichtigen Arbeiten zur Ausführung brachte.

Sein unter dem arabiſchen Namen Almageſt (aſtronomiſcher Lehrbegriff) bekanntes und ſehr berühmtes Werk umfaßt ſowohl des Ptolemäus eigne Unterſuchungen, als auch die ältern Beobachtungen und Theorien in der Sternkunde. So lieferte er über die Aſtronomie, ihrem damaligen Zuſtande gemäß, eine vollſtändige Sammlung, die in allen nachfolgenden Zeiten äußerſt hoch geſchätzt wurde, und wodurch ſich Ptolemäus ſchon allein die Unſterblichkeit erwarb.

§. 313.

Das Fixſtern-Verzeichniß (im Almageſt) enthält 1028 Sterne, und zwar 16 der erſten Größe, 46 der zweiten, 208 der dritten, 474 der vierten, 217 der fünften, 9 dunkele Sterne und 5 neblichte, ohne das (ſchon von Konon an den Himmel geſetzte) Haupthaar der Berenice, welches 1 hellen und 2 dunkele Sterne enthält. Schon das Fixſtern-

Verzeichniß des Hipparch und andere alte Himmels=Beobachtungen hatten dem Ptolemäus gezeigt, daß dieſe Geſtirne unter einander ſelbſt immer dieſelbe Lage beibehielten. Das gab ihm alſo gleichſam einen feſten Grund, worauf er die Bewegung der Planeten beziehen konnte. Wirklich machte es daher auch eine ſeiner Haupt=Arbeiten aus, die Bahnen der Planeten am Himmel, ihre Ordnung und ihre Entfernung von der Erde zu beſtimmen.

Ptolemäus hatte auch ſchon, wie Hipparch, einen Himmels=Globus verfertigt, woran die Sterne und Sternbilder ſtanden. Der Grund dieſer Kugel war dunkel, wie der Himmel bei Nacht, die Sterne aber waren von einer, ihrer Größe angemeſſenen Farbe, und die Sternbilder waren wenig von dem Grunde verſchieden. Die Kugel ſelbſt war ſehr groß; wie es ſcheint, ſo enthielt ſie weiter keinen darauf gezeichneten Kreis, als blos die Ecliptik. — Winkelmeſſer oder Aſtrolabien (und zwar ganze Kreiſe von großen Durchmeſſern) hatte Ptolemäus ſchon von beſonderer Güte.

§. 314.

Obgleich nach der Meinung des großen Haufens die Erde den Mittelpunkt der Welt einnimmt und die Bewegungen aller Himmelskörper um unſere Erde herum geſchehen, ſo hatten doch ſchon Pythagoras und Ariſtarch von Samos, wie wir (aus §. 284 f.) wiſſen, dieſe Meinung beſtritten und die Sonne als Mittelpunkt unſeres Planetenſyſtems angenommen. Ptolemäus fröhnte dem gemeinen Vorurtheil und den Sinnen des Menſchen dadurch, daß er in ſeinem Planetenſyſtem die Erde unbeweglich, und nicht blos den Mond, ſondern auch den Merkur, die Venus, die Sonne,

den Mars, den Jupiter und den Saturn, nach dieſer aufgeführten Ordnung, um die Erde ſich drehend annahm. Ptolemäus hatte einen zu großen Namen, als daß man ſeine Hypotheſe nicht als wahr angenommen und ſo lange in die folgenden Jahrhunderte hinübergeführt hätte, bis Kopernikus durch ſein neues Syſtem der gebildeten Welt die Augen öffnete und ihr mit dem wahren Weltſyſteme (Planetenſyſteme) das wichtigſte Geſchenk machte.

§. 315.

Als Ptolemäus ſein Planetenſyſtem aufgeſtellt hatte, da zeigten ſich ihm doch, um ſo mancherley Erſcheinungen daraus herzuleiten, manche Schwierigkeiten, die er nur dadurch beſiegen konnte, daß er neue Hypotheſen erdachte, welche er an die Haupt-Hypotheſe anknüpfte. So machte ihm anfangs das Vor- und Rückwärtsgehen und das Stillſtehen der Planeten Merkur, Venus, Mars, Jupiter und Saturn (§. 267.) in ſeiner Hypotheſe irre. Aber er half ſich bald dadurch, daß er annahm, jeder Planet für ſich beſchreibe einen kleinen Kreis (den circulus differens) und alle dieſe Kreiſe wirbelten mit ihren Planeten wieder entweder in concentriſchen oder in excentriſchen Kreiſen um die Erde herum. Aber wie verwickelt und künſtlich wäre eine ſolche Bewegung! Schon damals konnten mehrere ſcharfſinnige Männer nicht begreifen, warum der große Baumeiſter des Weltalls, der doch ſonſt Alles ſo gut gemacht, die Bewegungen der Himmelskörper nicht auf andere einfachere Weiſe möge eingerichtet haben.

Die von Hipparch entdeckte Bewegung der Fixſterne in der Länge (§. 302.) wurde auch vom Ptolemäus beſtätigt. Nur eine kleine Verminderung glaubte letzterer anneh-

men zu können. Hipparch wollte dieſe Bewegung oder das Rückwärtsgehen der Aequinoctialpunkte zu 2 Graden in 150 Jahren, oder zu 48 Sekunden in einem Jahre gefunden haben. Ptolemäus hingegen nahm für dieſelbe Bewegung nur 1 Grad auf 100 Jahre oder 36 Sekunden auf einen Tag an. Dieſe Annahme wich aber von der Wahrheit noch mehr ab, als Hipparchs Feſtſetzung, und verlängerte auch das Jahr um mehr als 6 Minuten. Da that alſo Ptolemäus mehr Rück- als Fortſchritte.

§. 316.

In ſeiner Theorie über Sonne und Mond war Ptolemäus glücklicher. Zwar hatte ſchon Hipparch die Eccentricitäten der Sonnen- und Mondsbahn bemerkt; Ptolemäus aber befeſtigte dieſe Hypotheſe noch mehr. Bei dem Monde nahm er zugleich auch diejenige Ungleichheit wahr, welche jetzt Evection des Mondes genannt wird. Im Allgemeinen wußte man ſchon, daß die Geſchwindigkeit des Mondes in ſeiner Bahn nicht immer genau dieſelbe blieb, daß ſie in dem Maaße ab- und zunahm, wie der Durchmeſſer dieſes Erd-Begleiters zu wachſen oder ſich zu verringern ſchien. Auch wußte man, daß die größte und kleinſte Geſchwindigkeit an den äußerſten Punkten der Abſiden-Linien der Mondsbahn ſtatt fand. Aber weiter wußte man hiervon auch nichts.

Ptolemäus entdeckte zuerſt, daß von einer Umwälzung zur andern die abſoluten Größen jener beiden äußerſten Geſchwindigkeiten veränderlich ſind, und daß der Unterſchied dieſer Geſchwindigkeiten ſich vermehrt, je weiter ſich die Sonne von der Abſiden-Linie des Mondes entfernt. Er ſchloß hieraus, daß die erſtere, von der Eccentricität der Monds-

bahn abhängige Ungleichheit des Mondlaufs ſelbſt einer jährlichen Ungleichheit unterworfen ſey, und zwar einer Ungleichheit, welche auf die Lage der Abſiden-Linie der Mondsbahn, in Beziehung auf die Sonne, ankomme. Durch die Obſervationen der neuern Aſtronomen iſt die Wahrheit dieſer Theorie völlig beſtätigt worden. Aber auch noch andere Ungleichheiten in der Mond-Bewegung haben die Neuern aufgefunden.

§. 317.

Die Entfernung der beiden Wendekreiſe von einander nahm Ptolemäus zwiſchen $47\frac{2}{3}$ und $47\frac{3}{4}$ Grad an. Daraus ergab ſich durch eine Mittelzahl die Schiefe der Ecliptik 23 Grad $51\frac{1}{2}$ Minute. Er beſtimmte die Entfernung des Mondes von der Erde nach den verſchiedenen Standpunkten dieſes Trabanten in ſeiner Bahn zu 38, zu 43 und zu 59 Erd-Halbmeſſern. Durch Fehler in ſeinen Beobachtungen, die wegen Mangels an genauen Inſtrumenten damals nicht zu vermeiden waren, konnten die Reſultate freilich nicht richtig ausfallen.

Den ſcheinbaren Durchmeſſer des Mondes fand Ptolemäus in ſeiner größten Entfernung von der Erde 31 Minuten 20 Sekunden, in ſeiner kleinſten Entfernung 35 Minuten 20 Sekunden, während in neuerer Zeit für erſtere 29 Minuten 25 Sekunden, für letztere 33 Minuten 34 Sekunden angenommen wurde. Das Verhältniß des wahren Mond-Durchmeſſers zum Erd-Durchmeſſer gab er wie $1 : 3\frac{2}{5}$, und zum Sonnen-Durchmeſſer wie $1 : 18\frac{4}{5}$ an. In die Unterſuchungen über die Finſterniſſe brachte er eine Genauigkeit, die für die damalige Zeit zu bewundern iſt.

§. 318.

Die Geographie des Ptolemäus wurde gleichfalls berühmt. Nach Hipparchs Methode ſetzte er in derſelben die Lage der Oerter auf der Erde mittelſt ihrer Länge und Breite feſt. Daß dabei Fehler mit unterliefen, iſt wohl verzeihlich, wenn man den damaligen Zuſtand der Wiſſenſchaft vor Augen hat, und um ſo verzeihlicher, da ſelbſt in der neuern Geographie noch manche Fehler in der Lagen-Beſtimmung der außerordentlich vielen Oerter begangen werden, womit die Oberfläche der Erde gleichſam beſäet iſt. Merkwürdig iſt die Geographie des Ptolemäus auch noch durch die erſten Gründe der Projections-Theorie, wonach geographiſche Charten verfertigt werden ſollen.

Was man dem Ptolemäus an aſtrologiſchen Werken zugeſchrieben hat, iſt falſch; Betrüger mißbrauchten oft den hochgeehrten Namen, um ihre träumeriſchen Machwerke an den Mann zu bringen. Ehrgeizig war Ptolemäus allerdings, wie das von jeher manche große Männer waren. Denn welcher Menſch kann ſich rühmen, von allen Schwächen frei zu ſeyn. Die Aſtronomen Olympiodorus und Theodorus von Mytilene berichteten (wie Bouillaud im Jahr 1668 in einem gedruckten Fragment erzählt), daß Ptolemäus in den Tempel des Serapis zu Kanopus eine in Marmor gegrabene Inſchrift hatte hineinſetzen laſſen, worin er die Hauptſätze ſeiner Aſtronomie erklärte, z. B. die Dauer des Jahres, die Eccentricitäten der Sonnen- und Mondsbahn, die Abmeſſungen der Epicyclen der Planeten ꝛc.

Zwar lieferte Theon von Alexandrien 395 Jahre nach Chriſti Geburt einen gelehrten Commentar über Ptolemäus

Almageſt. Aber ſonſt traten nun auf lange Zeit dürre Jahre, eben ſo wie bei den übrigen Wiſſenſchaften, auch bei der Sternkunde ein.

§. 319.

Die Zeitbeſtimmung des Tages über (wozu wir jetzt Räderuhren anwenden) war nicht der geringſte Nutzen, den die Menſchen von der Bewegung der Himmelskörper zogen. Welch' eine Verwirrung in den Geſchäften des Lebens würde entſtehen, wenn man den Tag nicht in gewiſſe Theile, z. B. in Stunden eintheilen könnte.

Was den Anfang des ſogenannten bürgerlichen Tages (die ganze ſcheinbare tägliche Umdrehung der Sonne um die Erde) betrifft, ſo war dieſer bei verſchiedenen alten Völkern oft verſchieden. Einige rechneten ihn vom Aufgange der Sonne an, wie die Babylonier, die Perſer, Syrier, Damaſcener und die meiſten orientaliſchen Völker; andere vom Untergange, wie die Athenienſer und Hebräer; wieder andere von Mitternacht, wie die Aegyptier, die römiſchen Prieſter, die Myſier und noch andere weſtliche Völker; und endlich noch andere vom Mittage, wie die Umbrer und Hetrusker. Letztere Rechnungsweiſe führten nachher auch die meiſten Aſtronomen ein. Jene Verſchiedenheit des Tages-Anfangs lernten wir unter andern aus dem Plinius, Macrobius, Cenſorinus und Gellius kennen. Die Abtheilungen des Tages ſelbſt beſtanden in den allerälteſten Zeiten blos in Morgen, Mittag, Abend und Mitternacht.

§. 320.

Als man bemerkt hatte, daß der Schatten von auf-

gerichteten Körpern vom Morgen bis an den Mittag nach einem gewiſſen Verhältniß an Länge abnahm, und vom Mittage bis an den Abend wieder eben ſo zunahm, ſo fand man hieran das erſte eigentliche Zeitmaaß für den Tag. Man maß die Länge des Schattens mit Füßen und ordnete nach ſeiner verſchiedenen Länge die Geſchäfte des Tages. Von einem ſolchen Meſſen der Schatten-Länge und von der Eintheilung des Tages darnach, z. B. von zehnfüßigen Schatten, zwölffüßigen Schatten ꝛc. finden wir Beiſpiele in der alten bibliſchen Geſchichte, in den Kömodien des Ariſtophanes, im Lucian, im Plutarch, im Suidas ꝛc.

Wenn man den Schatten von aufgerichteten Körpern, z. B. von Obelisken, von Pyramiden ꝛc. beobachtete, ſo mußte man auch folgende Erſcheinung wahrnehmen: Der Schatten, wie er von Morgen bis Abend auf einer Fläche liegt, iſt nicht blos in Hinſicht ſeiner Länge veränderlich, ſondern auch in Hinſicht ſeiner Lage auf der Fläche; er durchſtreicht von Morgen bis Abend einen gewiſſen Raum auf der Fläche, welcher in eine Anzahl gleicher Theile, in ſogenannte Stunden, eingetheilt werden kann. Dieſe Beobachtung war es eigentlich, welche zu der Erfindung der Sonnenuhren (Schattenuhren, Gnomonen) Anlaß gaben. Phönizier und Aegyptier können dieſe Erfindungen an dem Schatten ihrer Obelisken und Pyramiden leicht gemacht haben.

§. 321.

Herodot iſt der älteſte Schriftſteller, welcher den Schattenzeiger und die zwölf Theile oder Stunden des Tages (nämlich des natürlichen Tages von Sonnen-Aufgang bis Sonnen-Untergang) erwähnt. Er ſagt aber weiter nichts

darüber, als daß die Griechen beides von den Babyloniern gelernt haben. Den Schattenzeiger nennt er πόλος. Daß dieſes Wort hier nichts anders bedeuten kann, beweiſt Martini (in ſeiner trefflichen Schrift über die Sonnenuhren der Alten). Der Zeiger ſelbſt, deſſen Schatten die Stunden angab, wurde γνώμον genannt.

Wenn man das Wort Hora (ὥρα) Stunde auch oft von ὁράω, ich ſehe, ableitet, weil man um eine gewiſſe Zeit des Tages (ὥρα) zu wiſſen, nach dem Schatten ſehen mußte, ſo iſt es doch wahrſcheinlicher, daß es von Horus herkommt, welches bei den Aegyptiern ſoviel als Sol, die Sonne bedeutet. Davon hat denn auch der Schatten- oder Stundenzeiger den Namen Horologium (ὡρολόγιον) bekommen, welcher in der Folge von Uhren überhaupt gebraucht wurde. Bei den Babyloniern, Chaldäern, Hebräern und andern alten Völkern wurden ſchon Steine mit einem Zeiger und mit eingehauenen Stunden an öffentlichen Plätzen zur Belehrung des Volks aufgeſtellt. Solche Steine nannte man Schauſteine oder Stundenſteine.

§. 322.

Der chaldäiſche Aſtronom Beroſus ſoll die erſte Sonnenuhr und die Eintheilung des Tages in zwölf Stunden aus Aſien nach Griechenland gebracht haben. Hier verbeſſerte Anaximander aus Miletus, etwa 600 Jahre vor Chriſti Geburt die Sonnenuhren zuerſt; oder vielmehr erfand er neue Arten von Sonnenzeigern, die er mehr nach aſtronomiſchen Grundſätzen einrichtete. Das bezeugen unter andern Diogenes Laertius, Euſebius und Suidas. Mittelſt der Sonnenuhr des Anaximanders konnte man auch

die Polhöhe einzelner Oerter beſtimmen; zugleich waren auf ihr die Aequinoctien und Sonnenwenden angegeben.

Der Schüler und Mitbürger des Anaximanders, Anaximenes, vervollkommnete die Sonnenuhren noch mehr und erfand auch wieder neue Arten derſelben. Plinius hält ihn ſogar für den wahren Erfinder der Schattenlehre oder Gnomonik, die in der neuern Zeit auch wohl Sonnenuhrkunſt genannt wurde. Indeſſen möchte dieſer Ruhm doch wohl mehr ſeinem Lehrer Anaximander gebühren.

§. 323.

Der etwa 400 Jahre vor Chriſti Geburt lebende Aſtronom und Geometer Eudoxus brachte wieder andere noch künſtlichere Sonnenuhren an Licht. Unter andern rühmt man diejenige von ihm, welche Arachne (Spinngewebe-Uhr) von der Aehnlichkeit ihrer krummen und geraden Linien mit einem Spinngewebe verglich. Dieſe Linien waren in einer kugelförmigen Aushöhlung gezeichnet. Apollonius erfann die köcherförmige Sonnenuhr oder Pharetra, welche mit einem Köcher Aehnlichkeit hatte. Auch dem Syrakuſer Skopas ſchreibt man die Erfindung einer neuen Sonnenuhr zu, ſowie Katyllus, Dionyſiodor, Ariſtarch, Parmenion, Theodoſius u. a. gleichfalls ſolche Gnomonen erfanden, die oft ſeltſame oder ungewöhnliche Geſtalten hatten.

Alle nur etwas wichtige Städte Griechenlands erhielten nach und nach an ihren Mauern Sonnenzeiger. Auch die tragbaren ſogenannten Sonnenringe nahmen damals ihren Urſprung. Einen ſolchen Sonnenring pflegte man durch

den Namen πόλος von den übrigen Sonnenuhren zu unterſcheiden.

§. 324.

Rom erhielt erſt 491 Jahre nach ſeiner Erbauung oder 263 Jahre vor Chriſti Geburt eine wirkliche öffentliche Sonnenuhr. Vorher hatte man ſich blos mit den Obelisken beholfen, deren Schatten den Tag in gewiſſe Zeiträume theilte. Solche Obelisken, wie z. B. der, welchen Kaiſer Auguſtus auf dem Campo Martio hatte aufrichten laſſen, waren oft groß und prachtvoll. Jene Sonnenuhr hatte der Conſul Man. Valerius Meſſala unter freiem Himmel neben der Rednerbühne aufrichten laſſen. Da ſie aber in Sicilien verfertigt war, ſo ſtimmten ihre Stundenlienien mit den Stunden zu Rom nicht genau überein. Deswegen ſtellte in der Folge der Cenſor Q. Marcius Philippus eine beſſer und zwar nach Roms Polhöhe eingerichtete Uhr daneben.

Daß bald auch andere Städte Italiens Sonnenuhren erhielten und daß auch reiche Privatperſonen ſich dieſe, allerdings noch koſtſpieligen Inſtrumente anſchaften, leſen wir im Cicero, im Valerius Maximus, im Varro, im Lucian ꝛc. Sowohl bei den Römern, als auch bei den Griechen mußten Uhrknechte und Uhrmadchen von Zeit zu Zeit nach den öffentlichen Uhren ſehen, und ihren Herrſchaften die Stunde des Tages melden. Auch hatte man Stundenherolde, welche durch Abrufen der Stunden die Zeit, welche die öffentliche Sonnenuhr angab, mehreren Menſchen laut verkündigen mußten. — Später ſind die Sonnenuhren, welche auch nach andern Ländern hin verbreitet wurden, noch auf mancherlei Art verbeſſert worden. Die Waſſeruhren

(§. 15.) ſchränkten ihren Gebrauch ſchon in ältern Zeiten ein; noch mehr thaten dies in der neuern Zeit die Räderuhren (§. 16 f.).

§. 325.

Nach Ptolemäus waren die erſten berühmten Aſtronomen erſt wieder bei den Arabern zu finden. Dieſe Völker, deren Khalifen ſelbſt oft die trefflichſten Sternkundigen waren, machten in der Aſtronomie viele äußerſt wichtige Entdeckungen. Zahlreiche noch jetzt für manche Sterne und andere aſtronomiſche Gegenſtände gebräuchliche arabiſche Namen, die ſich mit dem arabiſchen Artikel Al anfangen, deuten ſchon auf die vielen Bereicherungen hin, welche dieſe Wiſſenſchaft den Arabern verdankt.

Da die Araber die Zeit nach den Bewegungen des Mondes eintheilten, ſo waren ihre Monate abwechſelnd 29 und 30 Tage lang. Dies machte für die Dauer des Mondenjahres 354 Tage aus. Der ſynodiſche Monat aber, oder die Dauer von jeder Mondumwälzung um die Erde, in Beziehung auf die Sonne, beträgt 29 Tage 44 Minuten 3 Sekunden. Deshalb war die Dauer des arabiſchen Mondenjahres um 8 Stunden 48 Minuten und 36 Sekunden kürzer, als die wahre Dauer von zwölf Mond-Umwälzungen in Beziehung auf die Sonne. Es kam darauf an, dieſen Unterſchied, um welchen der Mond hinter der Sonne zurückblieb, wegzuſchaffen, damit die Lage der beiden Himmelskörper gehörig zuſammenträfen. Deswegen fügte man zu der Periode von 354 Tagen von Zeit zu Zeit einen Tag hinzu.

§. 326.

Die Sonne zog gleich im Anfange die beſondere Auf-

merkſamkeit der Araber auf ſich. Die arabiſchen Sternkundigen ſahen bald ein, daß Ptolemäus die Schiefe der Ecliptik etwas zu groß angenommen hatte. Sie gaben ſich daher alle Mühe, der Wahrheit näher zu kommen; und wirklich glückte es ihnen nach ohngefähr 700 Jahren die Schiefe der Ecliptik faſt eben ſo genau zu beſtimmen, als die beſten neuern Aſtronomen es zu thun vermochten. Dieſe Beſtimmung iſt um ſo merkwürdiger, da jene alten Völker noch keine Fernröhre hatten.

Der 775 geſtorbene Khalife Abou=Giafar, mit dem Beinamen Almanſor oder der Siegreiche, war einer der beſten arabiſchen Sternkundigen. Nach ſtrenger Erfüllung ſeiner Regenten=Pflichten ſuchte er die Erholung von ſeinen Arbeiten in dem großen Gebiete der Aſtronomie. Faſt alle ſeine Nachfolger hatten denſelben Sinn für jene erhabene Wiſſenſchaft. Vorzüglich berühmt aber wurde ſein Enkel Harun, mit dem Beinamen Al Raſchid, welcher im Jahr 809 mit Tode abging. Dieſer hatte nicht blos herrliche aſtronomiſche Kenntniſſe, ſondern auch mechaniſche, was ſchon allein die künſtliche in ganz Europa bewunderte Waſſeruhr beweiſt (§. 14.), die er durch eine feierliche Geſandſchaft an Kaiſer Karl den Großen zum Geſchenk überſchickte.

§. 327.

Almamun, der zweite Sohn und Nachfolger des Harun, war ein ſehr eifriger Beförderer der Wiſſenſchaften, beſonders der Aſtronomie. Er ſelbſt ſtellte ſehr intereſſante Beobachtungen am Himmel an, oder ließ ſie von andern anſtellen, wenn Regierungsgeſchäfte ihm keine Zeit dazu ließen. Auf ſeinen Befehl wurden unter andern zu Bagdad und

Damaſkus Beobachtungen über die Schiefe der Ecliptik gemacht. Man fand ſie 23 Grade 35 Minuten groß. Dieſes Reſultat kam in der That der Wahrheit näher, als alle vorhergehenden der alten Aſtronomen. Auch ließ er in der Ebene Singiar einen Grad der Erde meſſen. Wie groß die Genauigkeit dieſer Meſſung war, können wir nicht wiſſen, weil uns das dabei gebrauchte arabiſche Maaß nicht recht bekannt geworden iſt.

Um das Studium der Aſtronomie zu befördern und dieſe Wiſſenſchaft immer mehr auszubreiten, ließ Almamun (auch Maimon genannt) von den damaligen größten Sternkundigen ein aſtronomiſches Werk (**Astronomia elabora a pluribus D. D. jussu Regis Maimon**) ausarbeiten. Dieſes Manuſcript exiſtirt noch jetzt in mehreren Bibliotheken. Er ſtarb im Jahr 833 zu Bagdad, und hinterließ den Ruhm eines trefflichen Regenten und ſehr verdienſtvollen Gelehrten.

§. 328.

Das neunte Jahrhundert hatte noch manche andere berühmte arabiſche Aſtronomen, wie z. B. Alfraganus, Thebit Ben Corrah und Albatenius. Der erſtere, deſſen eigentlicher Name Ahmed Ebn Cothair (aus Fergana) war, ſchrieb mit beſonderer Benutzung des Ptolemäus, Elemente der Aſtronomie, die ſehr berühmt und wiederhohlt, ſelbſt noch im ſiebzehnten Jahrhundert, gedruckt wurden. Er verfaßte auch Schriften über die Sonnenuhren und über das Aſtrolabium, welche auf einigen Bibliotheken noch jetzt in Manuſcript anzutreffen ſind.

Von dem gleichzeitig lebenden Aſtronomen und Geometer Thebit iſt eine Beobachtung der Schiefe der Ecliptik aufge-

zeichnet worden, die er zu 23 Graden 33 Minuten und 30 Sekunden fand. Er ſuchte die Bewegung der Sonne nicht auf die (beweglichen) Aequinoctialpunkte, ſondern auf Fixſterne zurückzuführen; dadurch konnte er die Länge des Sternenjahres faſt ſo genau, wie die neuern Aſtronomen beſtimmen. Und doch hatte Thebit manche unrichtige Vorſtellung von der Lage der Geſtirne in Beziehung auf das feſte Himmelsgewölbe. So glaubte er mit Hipparch und Ptolemäus, daß ſie eine kleine Bewegung von Weſten nach Oſten hätten, daß ſie aber nach Ablauf einer gewiſſen Zeit denſelben Weg zurück beſchrieben, dann wieder ihre erſtere Richtung annähmen, um von neuem rückwärts zu gehen; und ſo fort. Das Syſtem von einer ſolchen ungleichförmigen Bewegung konnte ſich natürlich nicht halten. Es wurde in der Folge von viel beſſern verdrängt.

§. 329.

Viele, auf zahlreiche Beobachtungen gegründete aſtronomiſche Kenntniſſe erhoben den Albatenius zu dem Range eines ſo großen Aſtronomen, daß er den Namen arabiſcher Ptolemäus erhielt. Eigentlich hieß er Mohamed Ben Dſcheber (aus Baten in Meſopotamien); er war Stadthalter der Khalifen in Syrien.

Mehrere glückliche Reſultate floſſen aus den zu Aethiopien nnd zu Aracta in Meſopotamien angeſtellten Beobachtungen dieſes thätigen und geſchickten Mannes. So fand er unter andern, daß Ptolemäus die Bewegung der Fixſterne (§. 315.) zu langſam angenommen hatte, daß ſie vielmehr, faſt ſo, wie Hipparch angegeben hatte, einen Grad in

76 Jahren betrüge. — Nach den neuern Beobachtungen ſind 72 Jahre für einen Grad angenommen worden.

§. 330.

Albatenius Unterſuchungen über die Eccentricität der Sonne führten beinahe zu einem ſo genauen Reſultate, wie die neuern Beobachtungen. Seine Berechnung der Länge des Jahres von 365 Tagen 5 Stunden 46 Minuten und 24 Sekunden weicht zwar um 2 Minuten von der wahren Länge ab. Neuere Aſtronomen, wie z. B. Halley haben aber gezeigt, daß dies von zu großem Vertrauen des arabiſchen Aſtronomen zu den Beobachtungen des Ptolemäus herrühre und daß er der Wahrheit gewiß viel näher gekommen wäre, wenn er ſich mehr auf ſeine eignen Beobachtungen verlaſſen hätte.

Vor Albatenius hatte man das Apogäum der Sonne als unbeweglich angeſehen; dieſer ausgezeichnete Aſtronom aber zeigte, daß jener Punkt eine kleine Bewegung nach der Ordnung der Zeichen habe und daß dieſe Bewegung nur ein wenig größer ſey, als die Bewegung der Fixſterne. Durch neuere Beobachtungen und namentlich durch die Theorie der allgemeinen Gravitation iſt dieſe merkwürdige Erſcheinung bewieſen worden.

§. 331.

Unſer geſchickte arabiſche Aſtronom hatte allerdings manche Unvollkommenheiten in der Theorie des Ptolemäus, namentlich in der Bewegungs-Theorie der Planeten, eingeſehen. Sie ſo viel wie möglich zu verbeſſern, gab er ſich ſehr viele Mühe. Die von ihm entdeckte Bewegung des Sonnen-Apogäums ließ ihm vermuthen, daß in den Bewegungen der

übrigen Planeten ähnliche Ungleichheiten vorkommen möchten. Daß ſeine Vermuthung richtig war, beſtätigten die neuern Aſtronomen.

Die Summe aller aſtronomiſchen Kenntniſſe, womit Albatenius ausgerüſtet war, ſetzte ihn in den Stand, neue Tafeln, an die Stelle der Ptolemäiſchen, zu bringen. Dadurch leiſtete er den Aſtronomen ſeiner Zeit und der unmittelbar darauf folgenden ſehr große Dienſte. In den ſpätern Zeiten mußten ſie freilich verbeſſert und berichtigt werden. Uebrigens ſind Albatenius Werke (de scientia stellarum) ſelbſt noch im ſiebenzehnten Jahrhundert, und von neuern Aſtronomen, wie z. B. Regiomontan, vermehrt, im Druck erſchienen.

§. 332.

Mehrere Jahrhunderte hindurch kultivirten und verbreiteten arabiſche Gelehrte die Sternkunde. Beſonders theilten ſie ihre Kenntniſſe auch denjenigen Völkern mit, die nach und nach unter ihre Herrſchaft kamen. So trieben ſie z. B. in Spanien, wovon ſie im achten Jahrhundert den größten Theil erobert hatten, ihre Wiſſenſchaften mit demſelben Eifer und demſelben Erfolg, wie im Orient. Sie erbauten ſogar Sternwarten in mehreren ſpaniſchen Städten. Und nicht wenige machten Spanien zu ihrem neuen Vaterlande.

Schon Hypparchus und Ptolemäus hatten die Größe der Sonnenbahn angegeben, und manches andere, was die Theorie der Sonne betraf. Der Araber Arſachel in Spanien gab ums Jahr 1020 eine einfachere und zugleich genauere Methode an, die Dimenſionen der Sonnenbahn zu beſtimmen. Derſelbe ſoll auch ſchon in der Bewegung der

Sonne manche Ungleichheiten entdeckt haben, die durch neuere Beobachtungen und durch Newtons Theorie beſtätigt wurden. Er entwarf auch eine Sammlung von aſtromiſchen Tafeln, welche von Toledo, ſeinem Wohnorte, **Tabulae Toledanae** genannt wurden.

War ja auch zu Anfange des zwölften Jahrhunderts der Araber Alhazen in Spanien, der ſich, wie wir längſt (aus §. 148 f.) wiſſen, ſo viele Verdienſte um die Optik erwarb und beſonders manche dem Aſtronomen wichtige optiſche Erſcheinung an den Himmelskörpern erklärte! So gab er (in ſeiner Optik) den erſten Verſuch einer Theorie der Strahlenbrechung und der Dämmerung. So theilte er ein Verfahren mit, beſtehend in Beobachtung der Declination eines Sterns beim Aufgange und nahe beim Zenith, um den Unterſchied zu finden, den die Strahlenbrechung zwiſchen dem ſcheinbaren und wahren Orte hervorbringt; u. dgl. mehr.

§. 333.

In Aegypten hatte der Aſtronom Ibn Jonis unter dem Schutze des Khalifen Azir Ben Akim mehrere Obſervationen angeſtellt. Er zeichnete dieſe, nebſt manchen Beobachtungen anderer Aſtronomen, in einem eignen Werke auf, das eine Geſchichte des Himmels genannt werden könnte. So finden ſich in dieſem, als Manuſcript in der Leydner Bibliothek noch vorhandenen Werke 28 Beobachtungen von Sonnen- und Mondfinſterniſſen, die in den Jahren 829 bis 1044 von arabiſchen Aſtronomen angeſtellt wurden; 7 Beobachtungen der Nachtgleichen von den Jahren 830 bis 851; und eine Beobachtung des Sommerſolſtitiums vom Jahr 832. Drei in der Nähe von Kairo in den Jah-

ren 977 bis 979 beobachtete Finſterniſſe zeigten, daß die mittlere Bewegung des Mondes einer kleinen Beſchleunigung unterworfen war.

Das franzöſiſche National-Inſtitut ließ dieſes Manuſcript nach Paris kommen und ſorgfältige Unterſuchungen damit vornehmen, in der Hoffnung, auch über die Inſtrumente der Araber und ihre Beobachtungsart Aufklärungen darin zu finden. Aber dieſe Hoffnung ſchlug fehl. — Uebrigens hatte Ibn Jonis auch aſtronomiſche Tafeln verfertigt, welche im Orient lange Zeit gebraucht wurden.

§. 334.

Die alten Perſer hatten gleichfalls manche ausgezeichnete Aſtronomen. So gaben ſie ſich unter andern viele Mühe, die Länge des Sonnenjahres zu beſtimmen. Sie ſetzten die Dauer dieſes Jahres zu 365 Tagen 6 Stunden feſt; die 6 Stunden aber ließen ſie als Bruch wegfallen und ſchalteten dafür alle 120 Jahre einen Monat von 30 Tagen ein. Sie nahmen den 13ten Einſchaltungs-Monat nach und nach als den erſten, dann als den zweiten des Jahres, hierauf als den dritten u. ſ. w. an. So kam er durch das ganze Jahr herum und gab zu verſchiedenen religiöſen Ceremonien Anlaß. Als die Perſer den Arabern unterworfen wurden, da führten auch ſie die arabiſche Jahres-Eintheilung nach Mond-Umläufen ein.

Die Perſer erlangten aber nachher ihre Freiheit wieder; und als dies geſchehen war, da nahmen ſie auch, und zwar im Jahr 1079, ihre alte Methode wieder an. Der perſiſche Aſtronom Omar Chejan war es hauptſächlich, welcher den Kalender ſeiner Nation zu berichtigen ſuchte. Dieſer Ka-

Aſtronomie (und anderer Wiſſenſchaften) die Vorhergehenden noch weit. Er ſtiftete in ſeiner Hauptſtadt Samarkand eine berühmte aſtronomiſche Geſellſchaft und zu dem Gebrauch derſelben ließ er die größten und vollkommenſten Inſtrumente verfertigen, die man bis dahin geſehen hatte. Er ſelbſt gab ſich mit allen aſtronomiſchen Arbeiten ab, und beobachtete auf das fleißigſte den Himmel.

Mittelſt eines großen ſchönen Gnomons (nicht eines ungeheuer großen Quadranten, wie man oft fälſchlich behauptete) beſtimmte der gelehrte Fürſt die Breite von Samarkand zu 29 Graden 37 Minuten; ſowie die Schiefe der Ecliptik zu 23 Graden 30 Minuten 20 Sekunden. Da die letztere Größe das Reſultat der neuern Beobachtungen ohngefähr um 2 Minuten übertrifft, ſo veranlaßte dies den Gedanken, daß die Schiefe der Ecliptik im Abnehmen ſey.

§. 337.

Unter den mancherlei Werken, welche Ulugh Beigh hinterließ, und die auch wir noch theils gedruckt, theils in Manuſcript beſitzen, ſind die aſtronomiſchen Tafeln und ein Fixſtern=Verzeichniß die vornehmſten. Eine gute Ausgabe der Tafeln verdanken wir dem Engländer Hyde vom Jahr 1665. Der tugendhafte und talentvolle Fürſt, den die ganze Welt ehrte, wurde leider! von ſeinem eignen Sohne, als er 58 Jahre alt war, ermordet.

Die Unruhen, welche damals Perſien zu zerrütten angefangen hatten und welche dieſes Land bald auf mannigfaltige Art zerſtörten, brachten auch die Wiſſenſchaften darin ſehr zurück. Die Gelehrten verſchwanden bald, und namentlich ging auch die Aſtronomie ganz zu Grunde. Wenn man

den jetzigen wiſſenſchaftlichen Zuſtand dieſes Landes betrachtet, ſo ſollte man kaum glauben, daß jene glänzende Epoche des Ulugh Beigh je exiſtirt habe. Iſt es ja bei andern berühmten alten Völkern eben ſo hergegangen!

§. 338.

Kriege, Zerſtückelung von Ländern, die damit verbundene Zerſtörung von wiſſenſchaftlichen Inſtituten und Vertreibung von Gelehrten brachten in Europa auf lange Zeit auch die Sternkunde zurück. Kaiſer Karl der Große nahm ſich zuerſt der Wiſſenſchaften, namentlich auch der Aſtronomie wieder an. Viel darin konnte man freilich von einem Eroberer in einem barbariſchen Jahrhundert nicht erwarten.

Indeſſen war es, um die Aſtronomie wieder zu beleben, allerdings ſchon ein rühmlicher Schritt, daß man die aſtronomiſchen Anfangsgründe von Alfragan überſetzte. Aus dem Almageſt des Ptolemäus, den man nicht aufhörte zu ſchätzen, und den Commentaren der Araber über dieſes Werk machte der Engländer Johann von Sacrobosco einen Auszug. Durch ſolche hervorgerufene Lichtſtrahlen in der vortrefflichen Wiſſenſchaft konnte dieſe nicht ganz verſinken.

§. 339.

Viel mehr für die Sterkunde that Alphonſus der Zehnte, König von Caſtilien, mit dem Beinamen der Weiſe. Dieſer unvergeßliche Mann ſtudirte nicht blos die Alten, ſondern ſuchte es noch beſſer zu machen wie dieſe; er ſpürte ihren Fehlern nach, und gab ſich viele Mühe, Alles, was die Alten an's Licht gebracht hatten, noch zu vervollkommnen. Noch bei ſeines Vaters Lebzeiten faßte er den Entſchluß, neue aſtronomiſche Tafeln zu entwerfen,

weil die Ptolemäiſchen immer mangelhafter wurden. Er verſammelte daher zu Toledo um's Jahr 1240 alle berühmte Aſtronomen um ſich herum, Chriſten, Juden und Mauren. Er ſelbſt hatte bei den Arbeiten dieſer Männer den Vorſitz. So kamen denn wirklich im Jahr 1282 jene Tafeln zum Vorſchein, die ihm einen Aufwand von 40,000 Dukaten verurſacht haben ſollen.

Der vornehmſte Inhalt dieſer alphonſiniſchen Tafeln wird dem jüdiſchen Rabbi Iſaac Aben Sid zugeſchrieben. Es liegt bei ihnen das Ptolemäiſche Weltſyſtem zu Grunde; und überhaupt ſcheinen die gelehrten Männer in jener Verſammlung bei der Abfaſſung derſelben mehr bekannte Theorien, als eigne Beobachtungen benützt zu haben. Und doch ſoll Alphonſus (welcher 1284 im 81ſten Jahre ſeines Lebens ſtarb) mit der gottloſen Aeußerung hervorgetreten ſeyn, die Welt würde eine weit beſſere Einrichtung haben, wenn Gott ihn bei Erſchaffung derſelben um Rath gefragt hätte.

§. 340.

Albert der Große, Biſchof zu Regensburg, und Roger Bako, Doctor zu Augsburg, zeichneten ſich gleichfalls im dreizehnten Jahrhundert als geſchickte Aſtronomen aus. Wenn auch der erſtere aus eignem Geiſte nichts Neues hervorbrachte, ſo ſuchte er doch durch Schriften die vorhandenen Kenntniſſe mehr zu verbreiten. Das Beſte, was der 1292 geſtorbene Bako ſchrieb, ſchlug freilich mehr in die Optik ein (§. 153 f.); indeſſen hat er doch auch eigentliche Gegenſtände der Aſtronomie mehr zu erläutern oder zu erweitern geſucht. Unter andern bemerkte er,

daß ſeit der Julianiſchen Kalender=Verbeſſerung die Aequinoctial= und Solſtitialpunkte um 9 Tage (nach der Zeit, wo Ptolemäus ſie beobachtet hatte) zu früh kämen; und daraus ſchloß er, daß in 125 Jahren ein Vorrücken von einem Tage mit ihnen ſtatt fände. Weil dem wahren Sonnenjahre 11 Minuten fehlten, ſo fing es alle Jahre 11 Minuten vor dem bürgerlichen Jahre an. Auf ſolche und ähnliche Unvollkommenheiten in dem Kalenderweſen machte Bako aufmerkſam.

§. 341.

Das vierzehnte Jahrhundert war für die Aſtronomie in Europa wenig bemerkenswerth; das fünfzehnte Jahrhundert war es deſto mehr. Was in jenem Jahrhundert der Florentiner Johannes Bocatius in der Aſtronomie leiſtete, war von keiner Bedeutung, obgleich man ihn einen berühmten Sternkundigen nannte. Der Cremoneſer Gerhard überſetzte im Jahr 1346 Ptolemäus aſtronomiſches Lehrbuch aus dem Arabiſchen. Und ſo hörte man bis zu Anfange des fünfzehnten Jahrhunderts blos von Elementen der Aſtronomie.

Aber nun trat ein vortrefflicher Deutſcher auf, der in der Sternkunde (wie in andern mathematiſchen Diſciplinen, Abtheil. I.) hoch berühmt wurde, weil er dieſe Wiſſenſchaft wirklich mit manchen Entdeckungen bereicherte. Georg Peurbach (gewöhnlich Purbach genannt), geboren 1423 zu Peurbach, einer kleinen Stadt auf der öſterreichiſch=baierſchen Gränze, widmete ſich zu Wien mit größtem Eifer der Sternkunde, nachdem er ſchon zu Ferrara, Bologna und Padua Vorleſungen gehalten hatte. Er lieferte einen Auszug aus dem Almageſt des Ptolemäus, und dann entwarf er tri=

gonometriſche und aſtronomiſche Tafeln; mitunter verfertigte er auch aſtronomiſche Inſtrumente. Sein wichtigſtes Werk aber enthielt ſeine Planeten-Theorien. In dieſem Werke ſuchte er den Ptolemäus und die Aſtronomie des Alphonſus zu verbeſſern. Schade! daß er auch wieder manches Falſche mit Wahrem vermiſchte.

§. 342.

Er nahm nämlich die vom Ptolemäus verworfene Meinung von der Feſtigkeit oder eigenthümlichen Unbeweglichkeit der Himmelskörper wieder an, indem er ſie in erdichtete Kreiſe ſetzte, die ſich, ſammt den gleichſam daran gehefteten Himmelskörpern, um einen erdichteten Punkt bewegten. So wäre alſo nach ihm der ganze Himmel eine große Ringkugel mit vielen Kreiſen, die ſich, mit gehörigem Spielraum, einer um den andern bewegte, und an den Ringen wären die Himmelskörper ſelbſt befeſtigt.

Wenn Peurbach mittelſt eines ſolchen Himmels die Erſcheinungen eben ſo gut, wie Ptolemäus bei ſeinen frei umlaufenden Himmelskörpern erklären konnte, ſo war die ganze Hypotheſe doch zu erzwungen und ungereimt, als daß ſie ſich lange [illegible]halten können. Vielleicht wäre Peurbach noch ſelbſt davon zurückgekommen, wenn ihn nicht der Tod zu früh auf ſeiner wiſſenſchaftlichen Laufbahn, im 38ſten Jahre ſeines Alters, übereilt hätte.

§. 343.

Sein Schüler Johann Regiomontan (eigentlich Johann Müller, geboren 1436 zu Königsberg in Franken) trat in Peurbachs Fußſtapfen. Auch dieſer vortreffliche Mann ſuchte die Aſtronomie auf mannigfaltige Art weiter zu

bringen, theils durch mündlichen, theils durch ſchriftlichen Unterricht. Unter andern ſchrieb er zuerſt aſtronomiſche Ephemeriden, worin er den Ort und die Aſpekten der Planeten, ſowie den Zuſtand des Himmels überhaupt auf 30 Jahre beſtimmte. Auch zeigte er darin die Tage an, wo, nach dem Gebrauch der Kirche und den Schlüſſen der Kirchenväter, Oſtern gefeiert werden ſollte.

Schon mit ſeinem Lehrer Peurbach hatte Regiomontan aſtronomiſche Werkzeuge unterſucht, welche von alten Sternkundigen gebraucht worden waren. Beide Männer gaben ſich viele Mühe, neue beſſere an ihre Stelle zu ſetzen. Peurbach zeigte ſeinem Schüler auch, daß Vieles in der Aſtronomie noch genauer zu unterſuchen ſey, wie z. B. die Stellung der Cardinalpunkte in der Ecliptik, die Lage der Fixſterne, vornehmlich der Zodiakal-Sterne, womit man die Planeten vergleicht, u. dgl. Indem beide einmal den Mars mit den Fixſternen verglichen, ſo fanden ſie jenen Planeten 2 Grade weit von derjenigen Stellung, welche die Tafeln angaben. Eben daraus ſchloſſen ſie auf eine Unvollkommenheit der alten Theorien. Uebrigens ſind uns von denjenigen Beobachtungen, welche beide Aſtronomen vereint angeſtellt ha[illegible] nur noch drei Mondfinſterniſſe von den Jahren 1457 und 1460 übrig.

§. 344.

Wenn man aus Sternen-Verzeichniſſen die Lage eines Sterns am Himmel kennt, und aus Sonnentafeln den Ort der Sonne, ſo kann man immer ihre gegenſeitige Entfernung, auf dem Aequator gemeſſen, berechnen. Peurbach und Regiomontan erfanden dieſe, in der neuern Aſtronomie noch immer gebräuchliche Methode, welche dazu dient, die

wahre Tages-Zeit zu finden und die Pendeluhren zu reguliren. Peurbach war damals 34, Regiomontan 21 Jahre alt.

Regiomontan beobachtete im Jahr 1472 den erſten Kometen, welcher überhaupt in Europa beobachtet worden iſt. Er ſchrieb eine Abhandlung darüber, worin er unter andern zu zeigen ſuchte, wie man die Größe und Entfernung der Kometen aus ſeiner Parallaxe finden könne. Er ſah ſie daher als Weltkörper und nicht mehr als blos vorübergehende, Schrecken verkündende Luft-Erſcheinungen an.

§. 345.

Im Jahr 1471 hatte Regiomontan zu Nürnberg an einem reichen jungen Bürger, Bernhard Walther, einen eifrigen Verehrer der Aſtronomie gefunden. Dieſer Walther beſorgte, gleichſam mit fürſtlichem Aufwande, die Koſten zu vielen aſtronomiſchen Inſtrumenten; ſogar eine eigne Buchdruckerei legte er in ſeinem Hauſe an. Dafür bildete ihn Regiomontan zu einem vorzüglichen Aſtronomen, der die Ehre hatte, mit Hülfe ſeines anſehnlichen aſtronomiſchen Apparats, wie er vorher wohl nie in Europa exiſtirte, die Sternkunde auf einen viel höhern Standpunkt zu erheben.

Im Jahr 1475 reiſte Regiomontan nach Rom, wohin ihn Pabſt Sixtus IV. wegen einer vorzunehmenden Kalender-Verbeſſerung mit großen ſehr ehrenvollen Verſprechungen und mit Ertheilung der Würde eines Biſchofs von Regensburg, berufen ließ. Er wurde auch in Rom mit dem größten Beifall aufgenommen; aber ſchon im folgenden Jahre ſtarb er, noch nicht 40 Jahr alt.

§. 346.

Der im Jahr 1430 zu Nürnberg geborne, 1504 geſtorbene **Bernhard Walther** hatte Regiomontan's Bücher, Manuſcripte und Alles zur Aſtronomie gehörige gekauft, was dieſer ſein Freund hinterlaſſen hatte. Aus des Verewigten Papieren machte **Walther** ein großes Geheimniß, was ihm bei Vielen zu einem großen Vorwurf gereichte. Dem ſey auch wie ihm wolle, und **Walther** möge auch ſeines verſtorbenen Freundes Papiere benutzt haben, wie er wolle, ſo iſt doch ſo viel gewiß, daß ihm die Aſtronomie ausnehmend viel verdankte.

So erdachte **Walther** eine neue Methode, den Ort der Planeten am Himmel zu beſtimmen, und zwar durch Beobachtung der Entfernung irgend eines Planeten von zwei Sternen, mit Beihülfe trigonometriſcher Rechnungen. Dieſe Methode wurde von den Aſtronomen bis zu Ende des ſiebzehnten Jahrhunderts angewendet. So war **Walther** der erſte, welcher ſich vom Jahr 1484 an der Räderuhren zu ſeinen aſtronomiſchen Beobachtungen bediente. So bemerkte er unter den Neuern auch zuerſt die Wirkungen der Refraction (§. 208 f.) und zwar, wie er behauptet, ohne etwas von **Alhazen's** und **Vitellio's** Entdeckungen darüber gewußt zu haben.

Unter den mancherlei Inſtrumenten des **Walthers** und **Regiomontans** war das ſogenannte **Torquetum** am berühmteſten. Es war ſehr zuſammengeſetzt und faßte für ſich allein den ganzen Gebrauch der Armillen in ſich.

§. 347.

Vor **Kopernikus**, etwa vom Ende des vierzehnten

Jahrhunderts an bis zu Anfange des ſechszehnten, gab es außer Peurbach, Regiomontan und Walther noch mehrere geſchickte Aſtronomen, die vielen Ruhm verdienten, wenn ſie auch gerade nicht den höchſten Rang in der Sternkunde einnahmen. Dahin kann man rechnen: den um das Jahr 1360 lebenden Mönch Iſaak Argyr, welcher eine Abhandlung über Sonnen- und Mondscyclen und über die Methode ſchrieb, die Zeit des Oſterfeſtes zu beſtimmen; den 1397 zu Wien geſtorbenen Heinrich von Heſſen, der eine Planeten-Theorie und einige andere gelehrte Werke ſchrieb; den durch ſein Planetarium berühmten Johann de Dondis zu Padua; den 1442 zu Wien geſtorbenen, durch mehrere aſtronomiſche Tafeln und andere aſtronomiſche Schriften bekannten Johann von Gmünden; den 1464 geſtorbenen berühmten Kardinal Nicolaus Cuſa, welcher unter andern über die Verbeſſerung des Kalenders ſchrieb; den um's Jahr 1458 zu Bologna lebenden Johann Bianchini, welcher neue Tabellen von den Bewegungen der Himmelskörper verfertigte; den 1452 in Schwaben gebornen Joh. Stöffler, welcher in Tübingen Aſtronomie docirte, Ephemeriden, aſtronomiſche Tafeln und noch einige andere aſtronomiſche Schriften herausgab; den im Jahr 1468 zu Nürnberg gebornen Johann Werner, welcher ein guter Obſervator war; den 1483 zu Verona gebornen Hieronymus Fracaſtor und einige andere.

Fracaſtor, der in manchen Stücken dem Kopernikus vorarbeitete, wollte unter andern Erneuerer desjenigen Syſtems ſeyn, welches die excentriſchen Kreiſe verbannte und alle Bewegungen der Planeten durch kreisförmige und con-

centriſche Bahnen erklärte. Freilich glaubte er noch, die Planeten würden durch Sphären bewegt, und zwar wegen ihres Stillſtehens und Rückwärtsgehens. Er wußte aber doch, mit Hülfe einer guten Logik, manche Unnatürlichkeiten ſeines Syſtems zu verſtecken.

§. 348.

Jetzt kam die Zeit, wo Nicolaus Kopernikus durch ſein unvergängliches Weltſyſtem der Aſtronomie eine ganz andere Geſtalt gab. Dieſer unſterbliche Mann, den 19ten Februar 1472 zu Thorn in Preußen geboren, wurde durch Regiomontans Ruf für die Aſtronomie ſo begeiſtert, daß er ſich vornahm, ihm wo möglich gleich zu kommen. Daß er ihn noch übertreffen würde, ahnte er wohl nicht. Er reiſte in ſeinem 23ſten Jahre nach Italien und blieb in Bologna, um den Dominikus Maria zu hören, der daſelbſt mit großem Beifalle die Aſtronomie lehrte. Kopernikus half ſeinem Lehrer beim Beobachten. Er ging hierauf nach Rom und docirte in dieſer Stadt ſelbſt Mathematik. Später nach Deutſchland zurückgekehrt, erhielt er ein Kanonikat und konnte nun, vom Jahr 1507 an, in ſeinem Wohnorte Frauenberg, ganz dem Studium der Sternkunde ſich widmen.

Er ging beſonders die verſchiedenen Planetenſyſteme durch, welche die Aſtronomen vor ihm aufgeſtellt hatten; und da war ihm namentlich das Syſtem des Ptolemäus ſehr anſtößig. Er fand in dieſem Syſteme eine Künſtelei, Verwirrung und Dunkelheit, die er mit der Einfachheit und weiſen Einrichtung der gewöhnlichen Naturgeſetze nicht vereinigen konnte. Er wußte, daß die Pythagoräer die Umläufe in der Ecliptik von der Sonne auf die Erde übergetragen, und daß an-

dere alte Philoſophen, um die Folge der Tage und Nächte zu erklären, der Erde eine Umdrehung um ihre Axe beigelegt hatten; dieſe Hypotheſen fand er ſehr vernünftig. Deswegen nahm auch er ſie an; aber er brachte ſie auf einen noch höhern Standpunkt.

§. 349.

Nach Kopernikus Weltſyſteme bewegen ſich um die Sonne zuerſt Merkur, dann Venus, hierauf die Erde, dann Mars, hierauf Jupiter und zuletzt Saturn. Den Mond ließ er ſeine Bewegung um die Erde beibehalten. Dieſes Syſtem war ſo einfach, ſo befriedigend, es ließen ſich daraus alle Erſcheinungen, z. B. unſere Jahreszeiten, die rechtläufige Bewegung der Planeten, ihr Stillſtehen, ihre rückläufige Bewegung ꝛc. ſo leicht und ſchön erklären, daß man wohl mit Verwunderung fragen kann, warum nicht ſchon längſt andere geiſtvolle Männer ein ſolches Syſtem mögen aufgeſtellt haben? Es iſt wohl möglich, daß dies geſchehen wäre, wenn nicht übel verſtandener Religions-Eifer in der Bibel Stellen gefunden hätte, die mit einem ſolchen Syſteme unvereinbar gehalten wurden. Was kann nicht veraltetes Vorurtheil, verbunden mit Aberglauben, in einem Zeitalter thun, wo den Geiſt der meiſten Menſchen noch ein ſo dunkler Nebel umhüllte!

Recht ſchön erklärte ſich Kopernikus auch über die kugelförmige Geſtalt der Himmelskörper und über die ſphäriſche Geſtalt der Welt überhaupt. Die kugelförmige Geſtalt, ſagt er, ſchließt bei einer gegebenen Oberfläche den größten Raum ein, iſt zugleich am geſchickteſten, ſich zu erhalten, bewegt ſich am gleichförmigſten und iſt daher unter allen die

vollkommenſte, welche der Schöpfer unſerer Erde, der Sonne, dem Monde und den Planeten geben konnte. Auch über die Schwere, wodurch die kugelförmige Geſtalt von Körpern erzeugt werden konnte, äußerte er ſich philoſophiſch und klar. Beſonders deutlich machte er die Erſcheinungen, welche zum Vorſchein kamen, wenn der Mond um die Erde und zugleich die Erde um die Sonne, ſowie auch die übrigen Planeten um die Sonne ſich bewegen. Das that er im Jahr 1507 als er 34 Jahre alt war.

§. 350.

Vor der öffentlichen Mittheilung ſeines Syſtems hatte Kopernikus alle Meinungen der ältern Aſtronomen geprüft, um den Grund zu einer phyſiſchen Aſtronomie deſto gewiſſenhafter legen zu können. Da er durch Aufſtellung des neuen Syſtems die Hypotheſen des Ptolemäus und Alphonſus zerſtört hatte, ſo wurden auch die Tabellen dieſer Aſtronomen unbrauchbar. Man kann leicht denken, daß er vor der gänzlichen Feſtſtellung ſeines Syſtems gute Beobachtungen an den Himmelskörpern machen mußte. Dazu gebrauchte er manche ältere Quadranten und andere Winkelmeſſer, parallaktiſche Liniäle ꝛc., Inſtrumente, die ihm hinreichten, wenn ihnen auch noch manches an der gewünſchten Vollkommenheit abging. Die Beobachtung des Merkurs machte ihm die meiſten Schwierigkeiten.

Kopernikus ſchrieb neue Elemente der Aſtronomie, die ſich auf ſein neues Syſtem gründeten. Sein Werk von den Umdrehungen der Himmelskörper vollendete er im Jahr 1530; es kam aber erſt im Jahr 1543 und zwar durch Beſorgung ſeines Schülers Rheticus zu Nürnberg heraus, in

demſelben Jahre, wo unſer große Mann, 70 Jahre alt, mit Tode abging.

§. 351.

Ein eben ſo großer Aſtronom, deſſen Name gleichfalls unſterblich iſt, nur in gewiſſer Hinſicht von anderer Art, als Kopernikus, war Tycho de Brahe. Kopernikus war mehr philoſophiſcher Geſetzgeber der Aſtronomie; Tycho mehr guter praktiſcher Beobachter. Den 13ten December 1546 zu Kundſtorp in der ſchwediſchen Provinz Schonen von vornehmen Eltern geboren, hatte Tycho viele Gelegenheit, ſeinen Geiſt auszubilden. In ſeinem 14ten Jahre, wo er 1560 zu Kopenhagen Sprachen und Philoſophie ſtudirte, ſtimmte ihn der Anblick einer Sonnenfinſterniß mit Begeiſterung für das Studium der Sternkunde. Er fing ſogleich an, einige aſtronomiſche Schriften zu ſtudiren, und drei Jahre ſpäter, im Jahr 1563, wo er in Leipzig ſeine Studien fortſetzte, hatte er ſich ſchon durch Hülfe eines (ſchlechten) Globus mit den Sternbildern, mit dem Lauf der Planeten, mit den alphonſiniſchen und kopernikaniſchen Tafeln u. dgl. bekannt gemacht. Mit Hülfe von Winkelmeſſern beobachtete er des Nachts aus den Fenſtern ſeines Zimmers die Sterne, während ſein Hofmeiſter ſchlief. Er fand dabei leicht die Fehler ſeiner Winkelmeſſer und anderer Inſtrumente, und gab ſich alle Mühe, dieſe Fehler zu verbeſſern; und namentlich dieſer Vervollkommnung der aſtronomiſchen Werkzeuge verdankte die Sternkunde gar viele Berichtungen und Bereicherungen.

§. 352.

Nur allein der Verſuch des Tycho, das vortreffliche Syſtem des Kopernikus wieder umzuſtürzen, ſetzte ſeinen

Rang, als Aſtronom, der ihn gebührte, in den Augen ſei- ner vernünftigern Zeitgenoſſen und der nachfolgenden Gene- ration herab. Es iſt möglich, daß der große Aſtronom ſeine Einſichten und vielleicht auch ſeine innere Ueberzeugung aber- gläubiſchen Rückſichten aufgeopfert hat; oder auch, daß ſeine ſchönen Kenntniſſe mit Irrthümern untermengt waren, die ihn von der Bahn der Wahrheit abführten.

Ganz annehmen konnte Tycho das Weltſyſtem des Ptolemäus freilich nicht. Er ſuchte es daher auf fol- gende Art zu modificiren: Der Erde ließ er die von ältern Aſtronomen behauptete Unbeweglichkeit. Um die Erde mußte zuerſt der Mond ſich bewegen und dann die Sonne; um die Sonne aber mußten ſich die Planeten Merkur, Venus, Mars, Jupiter und Saturn drehen, die alſo von der Sonne mit um die Erde herum geführt wurden. — So erklärte er, nach ſeiner Meinung, die Erſcheinungen an den himmlichen Körpern auf eine genügende Weiſe. Gründe laſſen freilich vermuthen, er ſelbſt habe gefühlt, daß ſein Syſtem, eben ſo ſehr, als das Ptolemäiſche, den Geſetzen der Mechanik zuwider lief. — Der Hauptruhm des Tycho beſtand freilich beſonders darin, daß er ein guter Beobachter war, und daß er die Grund- lagen zu neuen aſtronomiſchen Tafeln legte oder befeſtigte.

§. 353.

Ungleichheiten in der Bewegung des Mondes gab es verſchiedene. Die ſogenannte Mittelpunktsgleichung wurde ſchon von Hipparch entdeckt; die ſogenannte Evec- tion von Ptolemäus; Tycho entdeckte noch die Va- riation und die Jahresgleichung.

Die Variation iſt eine abwechſelnde Abnahme und

Zunahme der Bewegungen, welche von der Lage des Mondes in Beziehung auf die Syzygien oder auf die Linie beruht, welche die Mittelpunkte der Sonne, der Erde und des Mondes vereinigt, wenn dieſe drei Himmelkörper in der Conjunction oder Oppoſition ſich befinden. Wenn man etwa vom Punkte der Conjunction ausging (wo der Mond zwiſchen der Erde und der Sonne in gerader Linie ſteht), ſo wurde die Geſchwindigkeit des Mondes bis zum erſten Viertel vermindert; aber vom erſten Viertel bis zur Oppoſition (wo die Erde zwiſchen der Sonne und dem Monde in gerader Linie ſteht) nahm ſie zu; im dritten Viertheile des Umlaufes nahm ſie wieder ab; im vierten wuchs ſie wieder; und ſo fort.

§. 334.

Die Jahresgleichung rührte von einer Ungleichheit her, welche in der Dauer der Monden-Monate nach den verſchiedenen Jahreszeiten ſtatt findet. Tycho bemerkte, daß die periodiſchen Umläufe nur in einerlei Jahreszeit von gleicher Dauer waren, von einer Jahreszeit zur andern aber abnahmen oder zunahmen. Die längſten ereignen ſich in den Monaten December und Januar; die kürzeſten in den Monaten Junius und Julius. Hieraus ergaben ſich in der Theorie der Mond-Bewegung drei kleine Gleichungen, welche der Mittelpunktsgleichung der Sonne proportional ſind: eine für die Bewegung des Mondes in ſeiner Bahn; die zweite für die Bewegung eines Apogäums; und die dritte für die Bewegung der Knoten der Mondsbahn.

Später wurden in der Monds-Bewegung noch andere Ungleichheiten wahrgenommen, die man heutiges Tages mit

in die aſtronomiſchen Rechnungen bringt, wenn man den Zuſtand des Himmels mit möglichſter Genauigkeit erforſchen will.

§. 355.

Noch viele andere Entdeckungen und Berichtigungen machte Tycho. So beſtimmte er mit vorzüglicher Sorgfalt und Genauigkeit die größte und kleinſte Neigung der Mondsbahn gegen die Ebene der Ecliptik; und dieſelbe Unterſuchung dehnte er bald auch auf andere Planeten aus.

Man hatte ferner längſt gewußt, daß die Atmoſphäre unſerer Erde, welche ſich meilenweit über ihre Oberfläche erſtreckt, die von den Himmelskörpern hindurchdringenden Strahlen nicht in derſelben Richtung bis auf die Oberfläche fortpflanzen läßt, daß dieſe Strahlen vielmehr gebrochen werden, und daß dadurch die Himmelskörper eine andere Geſtalt, ſowie eine andere Geſichtslinie erhalten. Tycho fühlte zuerſt die Nothwendigkeit, dieſe aſtronomiſche Strahlenbrechung mit in den Calcul zu bringen, wenn von Genauigkeit die Rede ſeyn ſollte. Indeſſen waren damals die Geſetze der Strahlenbrechung (§. 209 f.) noch nicht bekannt; und ſo konnten auch Tychos Beſtimmungen noch nicht die möglichſt richtigſten ſeyn.

§. 356.

Als Tycho ſeine Aufmerkſamkeit auf die Kometen wendete, da nahm er auch an, daß dieſe ſonderbaren Himmelskörper feſte Körper, wie die Planeten ſeyen, und daß ſie eben ſo, wie dieſe, um die Sonne ſich bewegten. Den Kometen vom Jahr 1577 bemerkte Tycho am 13ten November Abends; und er ſah ihn bis zu Ende des Januars 1578. Genau beobachtete er ihn, um die Richtung ſeines

Weges in Beziehung auf die Ecliptik zu beſtimmen; auch unterſuchte er, in welchen Punkten und unter welchem Winkel dieſer Weg die jährliche Bahn ſchnitt. Die Parallaxe dieſes Kometen fand er 20 Minuten, etwa ein Drittheil von der Monds-Parallaxe. Und ſo zeigte er, daß der Komet an dem Tage, wo dieſe Parallaxe beobachtet wurde, ohngefähr dreimal weiter, als der Mond von uns entfernt geweſen ſey.

Da Tycho bemerkte, daß die Kometen weit über der Region des Mondes hinaus lagen, ſo ergab ſich ihm ſchon daraus, daß ſie nicht aus irdiſchen Dünſten u. dgl. beſtehen konnten. Aber aus Dünſten anderer Planeten könnten ſie, wie er meint, wohl erzeugt werden. Er nahm an, daß jeder Komet in der Region der Planeten gebildet würde; es wären gleichſam falſche Planeten, die bald eine Zerſtörung erlitten und daher nicht lange ſichtbar blieben.

§. 357.

Viel Aufſehen erregte im Jahr 1572 ein großer ſehr glänzender Stern, welcher auf einmal im Sternbilde der Caſſiopea erſchien. Tycho bemerkte ihn mit Erſtaunen Abends den 11ten November. Er zog ſeine und aller Aſtronomen Aufmerkſamkeit auf ſich, die nicht wußten, was ſie aus dieſer plötzlichen Erſcheinung machen ſollten. Am 7ten November hatte man ihn in Wittenberg und in Augsburg zuerſt bemerkt. Tycho fand ihn faſt eben ſo glänzend als die Venus, wenn ſie nahe am Horizonte ſteht; andere fanden ihn noch heller und größer. Wer ein gutes Geſicht hatte, ſah ihn ſogar des Tages über.

So blieb der Wunderſtern einige Wochen hindurch. Dann nahm er ſtufenweiſe an Größe immer ab. Nachdem man

ihn 17 Monate immer kleiner und kleiner geſehen hatte, ſo verſchwand er im März 1574 gänzlich. Hätte man ſchon Fernröhre gehabt, ſo würde man ihn wahrſcheinlich viel länger wahrgenommen haben.

Tycho beobachtete ſehr genau die Veränderung ſeiner Größe und ſeiner Farbe, welche er während ſeiner Erſcheinung erlitt. Anfangs zeigte er ein glänzendes Weiß; ſpäter wurde er röthlich gelb, wie Mars; hierauf ging er in ein bleiches Weiß, wie Saturn, über; und ſo blieb er bis zu ſeinem Verſchwinden. Uebrigens funkelte er, wie die gewöhnlichen Fixſte. Tycho beſchrieb ihn 1573 genau in einer eignen Abhandlung (**Contemplatio stellae novae etc.**)

§. 358.

Schon früher hatte man ähnliche Wunderſterne am Himmel plötzlich erſcheinen und wieder verſchwinden geſehen. Und auch nach Tycho ſind ähnliche Phänomene vorgekommen. So erzählt Ovid, daß ein Stern in den Plejaden verdunkelt worden wäre. Und ſo ſagt Plinius, daß Hipparch auf Veranlaſſung eines neuen, zu ſeiner Zeit erſchienenen Sterns ſein Fixſtern-Verzeichniß gemacht hätte. So erſchien auch ein neuer Stern im Jahr 945 und 1264. Und ſo ſah Kepler im Jahr 1600 einen neuen Stern im Ophiuchus. Dieſer Stern verſchwand und erſchien abwechſelnd. Im October 1604 übertraf er die Sterne erſter Ordnung an Glanz und Größe. Er wurde dann nach und nach wieder kleiner, und im October 1605 verſchwand er wieder. Caſſini erblickte ihn 1655 und Hevel 1665 abermals. Später war er nur noch als Stern ſechſter Größe ſichtbar. Im Jahr 1670 entdeckte Pater Anthelm einen ſolchen neuen Stern am Kopfe des

Fuchſes, welcher aber nur bis zur dritten Größe heranwuchs, nach zwei Monaten ſchon wieder verſchwand, im Jahr 1671 von Hevel wieder geſehen wurde und ſeit dem Jahre 1672 nie wieder erſchien. — Was man von ſolchen Sternen hielt, wird die Folge lehren.

§. 359.

Einige Sterne, welche von den ältern Aſtronomen zu den kleinern gerechnet wurden, gingen ſpäter in die Claſſe der größern über; dagegen rechnete man in der neuern Zeit mehrere Sterne unter die kleinern, welche in älterer Zeit zu den größern gehörten. So zählte man z. B. noch vor hundert Jahren den Athair (einen hellen Stern im Adler) zu den Sternen zweiter Größe; jetzt iſt er ein Stern erſter Größe geworden. Ein gleich unter dem Athair ſchief gegen Oſten ſtehender kleiner Stern vierter Größe, der noch immer kleiner wird, war ehedem ein Stern dritter Größe; u. ſ. w.

Wegen dieſer Veränderungen, welche manche Sterne an Größe und Glanz erlitten, ſieht man auf den ältern Sterncharten noch kleine Sterne, welche die neuern Aſtronomen nicht mehr am Himmel finden konnten. Und ſo erblicken wir manche Sterne nicht mehr mit bloßen Augen, ſondern nur durch Fernröhre, welche die Alten recht gut ohne eine Augenbewaffnung ſahen.

§. 360.

Im ſechszehnten Jahrhundert gab es noch manche Gelehrte, die um die Aſtronomie ſich verdient machten. Dahin gehören unter andern folgende: Der ſchon bekannte, 1495 geborne Ingolſtadtſche Profeſſor Peter Apian (Bienewitz), welcher im Jahr 1531 bis 1539 den Lauf von fünf Kometen

verfolgte, bemerkte zuerſt, daß dieſe Himmelskörper ihre Schweife ſtets von der Sonne abkehrten. Dies wurde in der Folge bei allen beobachteten Kometen beſtätigt. Mit Scharfſinn, aber freilich nicht mit Schärfe, führte Apian ſeine aſtronomiſchen Operationen ohne Rechnung und ohne Inſtrumente aus. Der 1511 zu Salfeld geborne Wittenbergiſche Profeſſor Erasmus Reinhold, freilich noch ein Anhänger der alten Hypotheſen, glaubte unter andern, die Bahn des Mondes ſey eine Ovallinie. Er ſcheint alſo die Hypotheſe mit den elliptiſchen Bahnen vorbereitet zu haben. Er beſorgte auch eine Ausgabe von Peurbachs Planeten-Theorie, berechnete aſtronomiſche Tafeln u. dgl. Der 1506 geborne franzöſiſche Aſtronom (und Arzt) Johann Fernelius, welcher ſich durch eine eigne Art von Gradmeſſung bekannt machte, ſchrieb auch von den Himmelskörpern (in ſeiner Cosmotheoria). In demſelben Jahrhundert hatte ja auch Nonius die Winkelmeſſer ſehr verbeſſert (Abthl. I. §. 79. u. 106.), obgleich hundert Jahre ſpäter Vernier ſie noch vollkommener einrichtete. Durch Vervollkommnung der aſtronomiſchen Werkzeuge mußte ja die Sternkunde ſelbſt weiter gebracht werden.

§. 361.

Zu den vortrefflichſten Aſtronomen deſſelben Jahrhunderts muß man auch den 1532 gebornen Landgraf von Heſſen-Caſſel, Wilhelm IV. rechnen. Dieſer Fürſt, der ſich ſchon frühzeitig mit Aſtronomie beſchäftigte, ließ auf dem Schloſſe ſeiner Reſidenz eine prächtige Sternwarte bauen, die er mit ſo guten Inſtrumenten verſah, als damals nur zu erhalten waren. Er beobachtete den Himmel bis an ſeinen Tod, der

im Jahr 1592 erfolgte. Er beſuchte Tycho in Dänemark, welcher ihn einen ſehr guten Beobachter und geſchickten Aſtronomen nannte. Anfangs war er ein Anhänger des Kopernikaniſchen Syſtems; aber Tycho brachte ihn davon ab. Ueberhaupt war damals die Anzahl der Anhänger an das wahre Syſtem ſehr ſchwach geworden.

Aus den vorzüglichern Beobachtungen des Landgrafen führt man beſonders diejenigen an, welche er im Jahr 1585 bis 1587 über die Lage mehrerer Sterne und über die Solſtitialhöhe der Sonne anſtellte.

§. 362.

Eine wichtige Kalender-Verbeſſerung, woran mehrere berühmte Aſtronomen thätigen Antheil nahmen, fiel in dieſe Periode. Man hatte, wie wir ſchon wiſſen, ſeit Soſigenes ꝛc. den ſcheinbaren jährlichen Umlauf der Sonne für die Zeitbeſtimmung zu 365 Tagen, 6 Stunden (ſtatt zu 365 Tagen, 5 Stunden, 49 Minuten), folglich um 11 Minuten zu groß, angenommen. Der Ueberſchuß von 11 Minuten war wohl an und für ſich eine Kleinigkeit, machte aber doch in einem Jahrhundert 18 Stunden 20 Minuten aus; häufte ſich alſo in mehreren Jahrhunderten zu Tagen an. So war denn der Tag der Frühlings-Nachtgleiche, welcher immer auf den 21ſten oder 22ſten März fallen ſollte, im ſechszehnten Jahrhundert der chriſtlichen Zeitrechnung ſchon bis zum 11ten März vorgerückt, und würde in den folgenden Jahrhunderten weiter bis zum Februar, Januar ꝛc. vorgerückt ſeyn, wenn man dies nicht zu verhindern geſucht hätte.

Pabſt Gregorius XII. vertilgte im Jahr 1582 jenen Ueberſchuß auf Anſuchen ſeines Aſtronomen Aloyſius L

lius. Er befahl der ganzen römiſch-katholiſchen Chriſtenheit, in dieſem Jahre auf einmal 10 Tage aus dem Kalender wegzulaſſen, damit die folgende Frühlings-Nachtgleiche wieder auf den 21ſten März falle. Auch die Anzahl der Schalttage für jedes Jahrhundert und jedes Jahrtauſend ließ er zugleich etwas verändern und berichtigen.

§. 363.

Die proteſtantiſchen Regenten, welche damals mit den Ständen der römiſchen Kirche noch in großen Streitigkeiten und Kriegen verwickelt waren, nahmen die allerdings gute Anordnung des Pabſtes (aus andern, ihrerſeits gegründeten Urſachen) nicht an. Als aber im Jahr 1700 der bewußte Ueberſchuß des Jahres gar auf eilf Tage angewachſen war, da führten auch ſie in Deutſchland Verbeſſerungen des Kalenders ein, die in der Hauptſache mit jenen päbſtlichen Verbeſſerungen übereinkamen. Schweden und England nahmen dieſelben Verbeſſerungen ſpäter an; Rußland iſt noch beim Alten geblieben.

So iſt denn der Unterſchied klar zwiſchen dem *Gregorianiſchen* oder *neuen Kalender* und dem *Julianiſchen* oder *alten*, ſowie zwiſchen dem *verbeſſerten proteſtantiſchen* und jenen beiden. Der Julianiſche Kalender iſt die Zeitrechnung des *Julius Cäſar*, wo immer das vierte Jahr ein Schaltjahr iſt; in unſeren Kalendern bringt man ihn noch immer in einer Neben-Kolumne bei und nennt ihn da *Julianiſches Jahr*. Der *Gregorianiſche Kalender* aber iſt die beſchriebene Zeit-Anordnung des Pabſtes *Gregorius*, mit noch einigen beſondern Beſtimmungen. Der von den proteſtantiſchen Ständen Deutſchlands verbeſ-

ſerte Kalender unterſcheidet ſich von dem Gregorianiſchen in der Hauptſache nur in dem Berechnungs-Verfahren des Oſterfeſtes.

§. 364.

Wenn man von den 18 Stunden 20 Minuten Ueberſchuß in jedem Jahrhundert über die wahre Dauer des Sonnenlaufs nur die 18 Stunden rechnet, ſo machen dieſe in vier Jahrhunderten drei Tage aus, während die 20 Minuten erſt in 7200 Jahren einen Tag ausmachen. Pabſt Gregorius verordnete daher, daß binnen 400 Jahren, jedes zu 365 Tagen gerechnet, nur 97 Tage eingeſchaltet werden ſollten. Wenn man alſo auch noch immer, wie ſonſt im Julianiſchen Kalender, alle vier Jahre ein Schaltjahr ſeyn läßt, ſo darf doch nach Verlauf von 96 Jahren des Jahrhunderts in acht Jahren nur ein Schaltjahr ſeyn, ſo, daß das vierte des neuen Sekulums erſt wieder ein Schaltjahr wird. Dies geſchieht immer nur am Ende von drei auf einander folgenden Jahrhunderten. Am Ende des vierten muß alle vier Jahre wieder ein Tag eingeſchalten werden. So war z. B. das Jahr 1600 ein Schaltjahr; das Jahr 1700 (welches nach dem Julianiſchen Kalender auch hätte eins ſeyn ſollen) war kein Schaltjahr; das Jahr 1800 ebenfalls nicht, ſowie auch 1900 keins ſeyn wird. Erſt vom Jahre 2000 an geht jene vierjährige Einſchaltung ununterbrochen fort; u. ſ. w. Nach 7200 Jahren wird (vom Jahr 1600 an gerechnet) noch ein Tag beſonders eingeſchaltet, nämlich derjenige von den bewußten, in jedem Jahrhundert angewachſenen 20 Minuten.

§. 365.

So war auch vor Einrichtung des Gregorianiſchen Ka-

lenders in der jährlichen Beſtimmung des Oſterfeſtes groſſe Verwirrung entſtanden; und die genaue Feſtſetzung dieſes Feſtes war doch nothwendig, weil alle übrige bewegliche Feſte ſich darnach richten. Die Juden feierten, nach Moſes Vorſchrift, ihr Oſterfeſt (Paſſah) den vierzehnten Tag des erſten Monats, d. h. desjenigen Monden-Monats, in welchem der vierzehnte Tag gerade auf den Tag der Frühlings-Nachtgleiche fiel, oder welcher zunächſt auf die Frühlings-Nachtgleiche folgte. Nun ereignete es ſich aber öfters, daß das Oſterfeſt der Chriſten mit dem Oſterfeſte der Juden zuſammentraf; denn die älteſte chriſtliche Kirche hatte blos verordnet, daß das Oſterfeſt der Chriſten den auf jenen vierzehnten Tag folgenden Sonntag gefeiert werden ſollte; fiel nun jener vierzehnte Tag auf einen Sonntag, ſo feierten Chriſten und Juden das Oſterfeſt nicht ſelten zuſammen. Daran nahmen viele chriſtliche Seelenhirten einen Anſtoß. Als daher im Jahr 325 nach Chriſti Geburt das berühmte Concilium zu Nicäa in Natolien (eine Verſammlung von vielen Biſchöffen) gehalten wurde, da ſetzte man zum ewigen Geſetz für die Chriſtenheit feſt: „der Oſtertag der Chriſten ſoll immer derjenige Sonntag ſeyn, welcher nach dem jährlich zunächſt auf die Frühlings-Nachtgleiche folgenden Vollmonde der erſte iſt; und fällt einmal dieſer Vollmond ſelbſt auf den Sonntag, ſo ſoll Oſtern allemal bis zum folgenden Vollmonde verſchoben werden.“

Man glaubte nun ſicher zu ſeyn, daß die jüdiſchen und chriſtlichen Oſtern nie mehr an einem Tage zuſammenträfen. Aber da irrte man ſich doch ein wenig. Wenn nämlich der erwähnte Oſter-Vollmond auf einen Sonntag fiel, an wel-

chem die Juden ihre Oſtern feierten, ſo hatten die Chriſten ihre Oſtern freilich eine Woche ſpäter; und wenn derſelbe Vollmond auf einen andern Wochentag fiel, ſo feierten die Juden an dieſem Tage ihre Oſtern und die Chriſten warteten bis den nächſten Sonntag. Wenn aber dieſer Vollmond nahe an die Gränze zwiſchen Samſtag und Sonntag fiel, ſo konnte es zuweilen geſchehen, daß die Juden ihn auf den Sonntag, die Chriſten auf den Samſtag ſetzten (weil bei beiden Religionen die Berechnungsart nicht genau zuzutreffen pflegte), und dann mußten Juden und Chriſten die Oſtern doch zugleich feiern.

§. 366.

Begreifen mußte man es leicht können, warum das Oſterfeſt zuweilen ſehr bald nach der Frühlings-Nachtgleiche eintrat, zuweilen erſt lange nachher. War z. B. der 20ſte März ein Samſtag, und trat an dieſem Tage der Frühling etwa um 10 Uhr des Abends ein, ſo konnte um 11 Uhr der Mond noch voll werden, und dann mußte Oſtern den 21ſten März ſeyn. Wurde aber der Mond etwa eine Stunde vor dem Augenblicke der Frühlings-Nachtgleiche voll, ſo mußten, vom 20ſten oder 21ſten März an, wenigſtens noch 29 Tage verſtreichen, ehe er wieder voll werden und Oſtern bringen konnte. Traf es ſich nun außerdem noch, daß er dann an einem Sonntage voll wurde, ſo dauerte es noch ſieben Tage länger bis Oſtern. So konnte alſo Oſtern vom 20ſten März bis zum 25ſten April (ein Zeitraum von mehr als 5 Wochen) fallen.

Es kam alſo bei Beſtimmung des Oſterfeſtes auf eine richtige Berechnung ſowohl der Frühlings-Nachtgleiche, als auch des zunächſt auf ſie folgenden Vollmondes an. Die Frühlings-

Nachtgleiche ließ ſich, ohne beſondere Schwierigkeiten, leicht bis auf Minuten genau beſtimmen; aber zuſammengeſetzter war die Berechnung des Vollmondes, wenn das Reſultat auf Stunden und Minuten genau ſeyn ſollte. Die Mönche wußten mit einer ſolchen Berechnung nicht umzugehen.

§. 367.

Als Gregorius den neuen Kalender einführte, da ſorgte er auch dafür, daß ſein Aſtronom Lilius den Mönchen eine leichtere Rechnung, nach gewiſſen einfachen Regeln, lehrte. Dieſe Rechnung wurde cykliſche Rechnung genannt. Da ſie nur auf Tage, nicht einmal auf Stunden, geſchweige auf Minuten zutraf, ſo war ſie natürlich fehlerhaft. Und das war mit ein Grund, warum die deutſchen proteſtantiſchen Stände den gregorianiſchen Kalender nicht einführten. Es dauerte aber noch bis zum Jahr 1700, ehe ſie es beſſer machten.

Um dieſe Zeit führten die Proteſtanten Deutſchlands den ſogenannten neuen Kalender-Styl ein. Sie ließen nicht blos 11 Tage auf einmal aus dem Kalender herausfallen, ſondern verordneten auch, daß ihr Oſter-Vollmond nach ordentlichen aſtronomiſchen Tafeln, und zwar nach denjenigen berechnet werden ſollte, welche Kaiſer Rudolph II. von dem berühmten Kepler (§. 368 f.) hatte ausarbeiten laſſen. Weil aber dann der Oſter-Vollmond oft nahe an die Gränze von Samſtag und Sonntag fiel und die Katholiken dann das Oſterfeſt oft eine Woche früher oder ſpäter feierten, als die Proteſtanten, ſo mußte dies in einem und demſelben Reiche zu mancherlei Unordnungen oder Unannehmlichkeiten Anlaß geben. Deswegen beſchloſſen im Jahr 1776 die Stände

der Augsburgiſchen Confeſſion dem bei den Katholiken üblichen Gregorianiſchen Kalender, unter dem Namen eines **allgemeinen Reichskalenders** beizutreten, folglich auch das Oſterfeſt und alle davon abhängende bewegliche Feſte mit ihren katholiſchen Mitbrüdern zugleich zu feiern. Alle übrige bei ihnen beſtandene Rechte in geiſtlichen und weltlichen Dingen behielten ſie ſich freilich vor. Im Jahr 1777 nahm jener allgemeine Reichskalender ſeinen Anfang.

§. 368.

Die **Monate** des Jahres hatten ihren Namen von den **Römern** erhalten. Dieſe hatten anfangs nur folgende zehn: März, April, Mai, Junius, Quintilis, Sextilis, September, Oktober, November und December. Später kamen noch die beiden Monate Januar und Februar hinzu. Von **Romulus** bis **Pompilius Numa** fingen ſie das Jahr im März an; hernach aber um die Zeit der Winter-Sonnenwende den erſten Januar. Das iſt bis auf unſere Zeiten ſo geblieben.

Der **Januar** erhielt ſeinen Namen von dem römiſchen Gotte **Janus**, welcher, mit zwei Geſichtern abgebildet, ein Symbol des verfloſſenen und zukünftigen Weltalters war. Das eine der beiden Geſichter ſtellte einen Jüngling, das andere einen Greiß vor; dieſer ſollte das vergangene, jener das zukünftige Weltalter andeuten. Der **Februar** bekam ſeinen Namen von den in dieſem Monat den Göttern dargebrachten Todtenopfern, welche Februa, Reinigungsopfer, hießen. Der dritte, dem ehemaligen Kriegsgotte Mars gewidmete Monat wurde **Martius** genannt, woraus wir **März** machten. Der **April**, Aprilis, ſoll ſeinen Namen von aperire, öffnen, erhalten haben, weil in dieſem, der Venus geheiligten

Digitized by Google

Monate die Natur ſich gleichſam öffnete. Den Namen **Mai**, **Majus**, pflegt man vom Jupiter abzuleiten, welchen man als den **größern**, **Majorem**, der Götter anſah. Von der Gemahlin des Jupiters, der **Juno**, leitet man den Namen des **Juny** oder **Junius** her. Die beiden Schaltmonate aber hießen deshalb **Quintilis** und **Sextilis**, weil jener, vom März an, gewöhnlich der fünfte, dieſer der ſechſte war. Die folgenden Monate, welche beſtändig waren, wurden **Septembris**, der ſiebente; **Octobris**, der achte; **Novembris**, der neunte; und **Decembris**, der zehnte genannt, und zwar, nach der ältern römiſchen Art, vom März an gerechnet.

Nach Einführung des Julianiſchen Kalenders gab man auch den beiden Schaltmonaten beſondere Namen; man nannte ſie nämlich den beiden erſten Imperatoren zu Ehren **Julius** und **Auguſt** (nämlich **Julii Caesaris** und **Octavii Augusti**). **Julius Cäſar** hatte ſie ſchon vorher für jedes Jahr zu ordentlichen und beſtändigen Monaten beſtimmt.

§. 369.

Das Ende des ſechszehnten und der Anfang des ſiebzehnten Jahrhunderts war der allerwichtigſte Zeitraum für die Aſtronomie. In dieſem Zeitraume lebte **Kepler**, der wahre Schöpfer der phyſiſchen Aſtronomie, ſowie der berühmte **Galilei**; in dieſen Zeitraum fällt auch die Erfindung der **Logarithmen** (Abthl. I. §. 41 f.) und die Erfindung der **Fernröhre** (Abthl. II. §. 166 f.). Was die **Logarithmen** in den aſtronomiſchen Rechnungen, die **Fernröhre** bei den aſtronomiſchen Obſervationen für Nutzen ſtifteten, und noch ſtiften, bedarf wohl keiner beſondern Auseinanderſetzung.

Kepler, deſſen Entdeckungen allein ſchon eine der merk-

würdigſten Epochen in der Geſchichte der Aſtronomie ausmachen, war 1571 zu Weil im Würtembergiſchen geboren. Er hielt ſich abwechſelnd in Grätz, Linz, Wien, Prag, Tübingen ꝛc. auf. In Tübingen, wo er ſtudirte, war vorzüglich Michael Möſtlin ſein Lehrer geweſen. Als kaiſerlicher Mathematikus hatte Kepler viele ſeiner Arbeiten zu Linz, Wien und Prag vorgenommen. Er wollte noch manches ausführen; aber gedrückt von Arbeit und Sorge ſtarb er im Jahr 1630 zu Regensburg (wo er wegen Geſchäfte am Reichstage hingereiſt war) im 59ſten Jahre ſeines Alters. Eine groſze Anzahl der nützlichſten aſtronomiſchen und optiſchen Schriften verewigen ſeinen Namen, was aber ſchon allein die Entdeckung ſeiner Geſetze der wahren Planeten-Bahnen und der Planeten-Bewegung thun würde.

§. 370.

Die vielen Beobachtungen, welche Kepler über die Bewegungen der Planeten, hauptſächlich über die Bewegungen des Mars, angeſtellt hatte, und die damit verknüpften mühevollen Rechnungen zeigten unſerm groſzen Aſtronomen, daſz man alle aus der Bewegung der Planeten entſtehende Erſcheinungen nicht gehörig erklären könne, wenn man annimmt, ihre Bahnen ſind Kreiſe, man mag den Haupt-Himmelskörper, z. B. die Sonne, um welchen die Drehung eines Planeten geſchieht, in den Mittelpunkt oder von dem Mittelpunkte hinweg ſetzen. Nach vielen ſchwierigen Unterſuchungen fand Kepler, daſz die gemeine Ellipſe den Reſultaten ſeiner Rechnungen Genüge leiſte, wenn man die Sonne in einen ihrer Brennpunkte ſetzt.

In der Folge beſtimmte Kepler die Dimenſionen der

Ellipſe, welche Mars beſchrieb. Er verglich die Zeiten unter einander, welche dieſer Planet beim Abgange von einem Endpunkte der Abſidenlinie oder der großen Axe der Ellipſe gebrauchte, um einen ganzen Umlauf oder einen Theil des Umlaufs zu machen. Und da fand er denn, daß dieſe beiden Zeiten ſtets unter einander ſich verhielten, wie die ganze Fläche der Ellipſe und die Fläche des elliptiſchen Abſchnitts, welcher begränzt wird von dem durch den Planeten beſchriebenen Bogen und den beiden nach der Sonne gezogenen Linien (den radiis vectoribus). Daſſelbe Verhältniß wurde auch für alle übrige Planeten wahr befunden, ſowie für die Bewegungen der Monde oder Trabanten, in Beziehung auf ihre Hauptplaneten. Dieſes Geſetz, welches der phyſiſchen Aſtronomie zur Grundlage dient, wird erſtes Keplerſches Geſetz genannt, oder auch Geſetz der Proportionalität der Flächen zu den Zeiten.

§. 371.

Aus dieſer wichtigen Entdeckung des Kepler entſprang noch eine andere. Der unermüdet thätige Mann vermuthete, daß zwiſchen den Umlaufszeiten der Planeten und den Dimenſionen ihrer elliptiſchen Bahnen ein Verhältniß ſtatt finden müſſe. Er ſtellte deshalb viele neue Rechnungen an und war ſo glücklich, abermals zu einem wichtigen Reſultate zu gelangen. Er fand nämlich, daß die Quadrate der Zeiten der ganzen Umläufe zweier Planeten ſich unter einander verhalten, wie die Würfel der großen Axen der beiden elliptiſchen Planetenbahnen, oder wie die Würfel ihrer mittlern Entfernungen von der Sonne. Dieſe Fundamental-Proportion galt für alle Planeten, ſowie für die Trabanten, in Beziehung auf ihre

Hauptplaneten. Man nennt ſie das zweite Keplerſche Geſetz oder das Geſetz der Zeiten im Verhältniß zu den mittlern Entfernungen. — Genauer lernt man dieſe Keplerſchen Entdeckungen in ſeinem 1609 herausgegebenen berühmten Werke (Astronomia nova) kennen. Sein Genie und ſeine Begeiſterung für jenen Gegenſtand iſt darin ſehr hervorſpringend.

So bildeten nun in der Folge die beiden Keplerſchen Geſetze immer die Grundlage aller aſtronomiſchen Berechnungen. Einige kleine Modifikationen mußte man freilich damit vornehmen, ſchon wegen der allgemeinen Gravitation, wodurch die Himmelskörper gegenſeitig auf einander wirken. — Die von Kepler berechneten aſtronomiſchen Tafeln wurden ſeinem Kaiſer Rudolph II. zu Ehren Rudolphiniſche Tafeln genannt.

§. 372.

Galilei war, wo nicht der erſte, doch einer der erſten, welcher die ſo eben erfundenen Fernröhre zur Betrachtung der Himmelskörper anwandte. Daß er den nahen Mond zuerſt damit beobachtete, war wohl natürlich. Er entdeckte auf der Oberfläche dieſes Himmelskörpers allerlei Ungleichheiten, helle und dunkele, hervorſpringende und vertiefte Stellen, und ſchloß daraus, daß der Mond viele Gebirge, Seen, Flüſſe u. dgl. enthalte und ein der Erde ähnlicher dunkler Körper ſey. Er berechnete ſogar ſchon (wie man aus ſeinem 1610 herausgekommenen Siderius nuncius ſieht) die Höhen der Mondsberge, wobei er den Mond-Durchmeſſer $\frac{2}{7}$ des Erd-Durchmeſſers oder 2000 italieniſche Meilen ſetzte. Und da fand er,

daß es auf dem Monde höhere Berge, als auf der Erde gäbe, was in der Folge beſtätigt wurde.

Derſelbe große Mann entdeckte durch das Fernrohr eine ungeheure Anzahl kleiner, dem bloßen Auge unſichtbare Sterne. Den 7ten Januar 1610 um 1 Uhr des Nachts ſah er beim Jupiter drei Sternchen, die er anfangs zwar für Fixſterne hielt, woran er es aber doch ſonderbar fand, daß ſie in einer geraden Linie der Ecliptik parallel ſtanden und daß ſie mehr glänzten, als andere Sterne von gleicher Größe. Er fand bald, daß ſie ihre Lage gegen den Jupiter veränderten; und am 13ten Januar ſah er noch ein viertes ähnliches Sternchen beim Jupiter. So entdeckte er alſo vier Jupiterstrabanten, die er dem Hauſe Medicis zu Ehren **Sidera Medicea** nannte.

§. 373.

Es läßt ſich denken, daß andere Aſtronomen, die ſich gleichzeitig mit Galilei Fernröhre verſchafften, auch dieſelben Entdeckungen, wie Galilei machen konnten. So ſagt Simon Marius (in **Mundo Joviali**), er habe ſchon am 29ſten December 1609 angefangen, ſeine Bemerkungen über die Jupiterstrabanten aufzuſchreiben. Er lieferte auch Theorie und Tafeln für die Bewegung dieſer Begleiter ihres Hauptplaneten. Marius nannte die Jupiterstrabanten **Sidera Brandenburgica**, einem Brandenburgiſchen Marggrafen zu Ehren. Im Jahr 1610 hatte ſie auch Kepler ſchon durch ſein Fernrohr beobachtet. Was Rheita ſpäter für neue Jupiterstrabanten hielt, war irrig; es waren nur kleine Fixſterne.

Galilei entdeckte auch die Sonnenflecken. Früher hatte man dieſe Stellen der Sonne nur für eine Art vor=

übergehenden Dunſt gehalten. Galilei bemerkte durch ſein Fernrohr, daß ſie feſt mit dem Sonnenkörper verbunden wären, zum Vorſchein kämen, wieder verſchwänden ꝛc., woran die Umwälzung der Sonne um ihre Axe ſchuld ſeyn müßte. Johann Fabricius entdeckte dieſe Flecken mit einem Fernrohre faſt um dieſelbe Zeit, und er beſchrieb ſie auch in einer eignen, 1611 zu Wittenberg herausgekommenen Schrift (**de maculis in Sole**). Im März 1611 beobachtete Chriſtoph Scheiner dieſe Sonnenflecken; Thomas Harriot hatte ſie ſchon den 8ten December 1610 beobachtet. Und ſo mögen wohl noch andere dieſelben Entdeckungen faſt zu gleicher Zeit gemacht haben. Im Jahr 1607 glaubte Kepler den Merkur vor der Sonnenſcheibe zu erblicken. Er freute ſich ſehr über dieſe Erſcheinung. Aber was er ſah, war nicht Merkur, ſondern ein Sonnenflecken geweſen. Kopernikus hatte vorausgeſagt, man würde einſt bei der Venus ähnliche Lichtgeſtalten, wie beim Monde entdecken. Dieſe Vorausſagung machte Galilei mit Hülfe ſeines Fernrohrs zuerſt wahr.

§. 374.

Durch alle dieſe Beobachtungen und Entdeckungen, beſonders des Galilei, erhielt das kopernikaniſche Weltſyſtem immer mehr Glauben und Feſtigkeit. Was man noch dagegen einwendete, war unbedeutend und wurde von Galilei leicht darnieder geſchlagen.

Der große Mann hatte endlich den Muth, ſeit dem Jahre 1615, das Syſtem des Kopernikus öffentlich zu bekennen. Dieſer Muth brachte ihm aber das Inquiſitionsgericht über den Hals, welches ihm unter Androhung der ärgſten Strafe zum Widerrufe zwang. Als er aber zwanzig Jahre ſpäter wie-

der verlauten ließ, daß das Kopernikaniſche Weltſyſtem das einzige wahre ſey, ſo fiel auch das Inquiſitionsgericht wieder über ihn her und verurtheilte ihn zu harter Gefängnißſtrafe, die aber doch zu Hausarreſt gemildert wurde.

In den letzten Jahren ſeines Lebens gab ſich Galilei wohl am meiſten mit der Theorie der Mechanik ab; aber er beſchäftigte ſich doch immer auch noch mit aſtronomiſchen Gegenſtänden. So ſuchte er die geographiſche Länge mittelſt der Jupitersttrabanten zu beſtimmen; und im Jahr 1637, wo ſchon ſein eines Auge blind war, machte er ſeine letzte aſtronomiſche Entdeckung, das Schwanken des Mondes.

§. 375.

Es reiheten ſich nun im ſiebzehnten Jahrhundert immer mehr Entdeckungen an einander, zumal, als man angefangen hatte, mit den Fernröhren manche Verbeſſerungen vorzunehmen. So ſah Gaſſendi im Jahr 1631 den Merkur vor der Sonne; die erſte Beobachtung dieſer Art. So ſah Horoccius im Jahr 1639 zuerſt die Venus vor der Sonne. Dieſe Erſcheinungen wurden Durchgang des Merkurs und der Venus durch die Sonne genannt. Der im Jahr 1611 geborne, 1688 geſtorbene Hevel (Hevelius) ſtellte ſehr ſorgfältige Beobachtungen über die Sonnenflecken, über die Bewegung der Kometen ꝛc. an. Der im Jahr 1618 geborne, 1694 geſtorbene Mouton zu Lyon beſtimmte mit beſonderer Geſchicklichkeit vermöge eines Fernrohrs und eines einfachen Pendels die ſcheinbaren Durchmeſſer der Sonne und des Mondes. Auch gab er die erſte Interpolations-Methode an, um Beobachtungen irgend eines Gegenſtandes,

die zu verſchiebenen Zeiten gemacht waren, unter einander zu verbinden.

Grimaldi, 1619 geboren und 1663 geſtorben und in mancher Hinſicht gelehrter Gehülfe ſeines, 1598 gebornen und 1671 geſtorbenen Ordensbruders Riccioli, welcher 1651 eine Sammlung berühmter aſtronomiſcher Theorien (Almagestum novum) herausgab, lieferte eine Selenographie, worin die Flecken des Mondes mit Namen von Philoſopen bezeichnet ſind. Noch jetzt gelten mehrere dieſer Benennungen.

§. 376.

Galilei gab ſchon Abbildungen von den vier Haupt-Lichtgeſtalten des Mondes. Scheiner bildete den halben Mond nach; und ſo erhielt man bald nach dem aſtronomiſchen Gebrauch der Fernröhre noch andere Abbildungen von dieſem Himmelskörper, worunter diejenige des Schirläus die deutlichſte war. Noch beſſere wurden mehrere Jahre ſpäter von andern, namentlich von Langren und Hevel verfertigt. Langren, mit einem großen und für die damalige Zeit vortrefflichen Fernrohre verſehen, womit er auch die kleinſten Mondsflecken beobachten konnte, gab 1645 mehrere ſeiner Abbildungen heraus. In demſelben Jahre erſchien auch Hevels Selenographie. Dieſes Werk war ganz vollſtändig, was man von Langres nicht rühmen konnte. Langren gebrauchte in ſeinen Mondcharten Namen von berühmten Mathematikern und andern berühmten Perſonen; Hevel aber geographiſche Namen unſerer Erde. Die Abbildung eines Vollmondes von Euſtachius im Jahr 1649 und des Sirſalis im Jahr 1650 hatte weniger Einfluß auf die Fortſchritte der Aſtronomie als die Hevelſchen Abbildungen.

§. 377.

Galilei glaubte, im Jahr 1615 auch zwei Saturns-Trabanten entdeckt zu haben, die er nahe bei dem Planeten Saturn wahrnahm. Drei Jahre lang ſchienen dieſe kleinen Sterne unbeweglich; auch behielten ſie immer einerlei Geſtalt bei. Zuletzt ſah man ſie nicht mehr; und daraus zog man den Schluß, Galilei wäre nur durch eine optiſche Täuſchung betrogen worden.

Mit zwei großen vortrefflichen Fernröhren entdeckte Huyghens im Jahr 1655 wirklich einen Trabanten des Saturns und zwar denjenigen, welchen man jetzt den vierten nennt. Huyghens beſtimmte die Entfernung deſſelben vom Saturn, die Lage ſeiner Bahn, die Dauer ſeines Umlaufs ꝛc. mit einer Klarheit und Genauigkeit, welche an der Exiſtenz und Bewegung deſſelben gar nicht mehr zweifeln ließ.

Die Entdeckung dieſes Trabanten führte den Huyghens auch auf die Entdeckung des merkwürdigen Ringes, welcher den Saturn umgiebt. Schon Galilei hatte die unregelmäßige Geſtalt des Saturns bemerkt, er verfolgte aber ſeine Beobachtung nicht weiter, weil der Ring nachher wieder verſchwunden war. Später machte Gaſſendi darauf aufmerkſam, daß Saturn bisweilen zwei runde Körper bei ſich habe. Riccioli und Grimaldi erblickten den Saturn, als wäre er mit Henkeln verſehen. Huyghens aber erkannte und bewieß mit Hülfe ſeiner Fernröhre, daß Saturn ſelbſt einen runden Körper bilde, und mit einem platten kreisförmigen an allen Seiten von dem Hauptplaneten abgeſonderten Ringe umgeben wäre, und der, nach verſchiedener Richtung geſehen, dem Auge bald dieſe, bald jene

Geſtalt darböte. Er fand auch ſchon, daß der halbe äußere Durchmeſſer des Ringes zum Halbmeſſer der Saturnskugel ſich wie 9 zu 4 verhält, und daß ſeine Breite der Breite desjenigen Raums gleich iſt, welcher innerhalb der Kugel und dem innern Umkreiſe des Ringes ſich befindet.

§. 378.

Die im Jahr 1660 errichtete königliche Societät der Wiſſenſchaften zu London, und die im Jahr 1666 geſtiftete Akademie der Wiſſenſchaften zu Paris, welche den Wiſſenſchaften überhaupt ſo vielen Vorſchub leiſteten, hatten namentlich auch einen großen Einfluß auf die Vervollkommnung der Sternkunde. Sie ſpornten die Gelehrten an, ſich immer mehr Ehre um die Wiſſenſchaften zu erwerben, und viele wichtige Entdeckungen gingen durch den engern Verband von Gelehrten aus ihrem Schooße hervor.

Der im Jahr 1625 geborne, 1712 geſtorbene Dominikus Caſſini aus Bologna hatte ſich ſchon vor ſeiner Verſetzung nach Frankreich durch mehrere aſtronomiſche Arbeiten viele Verdienſte erworben, z. B. durch ſeine Tafeln der Sonne und der Jupiterstrabanten; in ſeinem neuen Vaterlande machte er noch wichtigere Entdeckungen. Dahin gehört vorzüglich die Entdeckung von vier neuen Trabanten des Saturs, nämlich der Ordnung nach (wie ſie um ihren Hauptplaneten laufen) des erſten, zweiten, dritten und fünften. Von der Zeit an kannte man alſo, mit dem von Huyghens entdeckten, fünf Saturns-Begleiter. — Daß Caſſini die von Kepler begründeten elliptiſchen Planetenbahnen beſtreiten wollte, ſchadete ſeinem Rufe in den Augen der Welt.

§. 379.

Der 1691 geſtorbene franzöſiſche Mathematiker Auzout war ein vortrefflicher Beobachter, der auch die aſtronomiſchen Werkzeuge vervollkommnete; eben ſo der ſchon 1682 geſtorbene Abt Picard. Letzterer wurde vornehmlich durch ſeine Gradmeſſung berühmt, die er 1669 in Frankreich zwiſchen Amiens und Malvoiſine anſtellte. Vermöge einer Folge von zuſammenhängenden Dreiecken, deren erſtes auf einer bekannten Grundlinie errichtet war, zog Picard das Reſultat, daß die Länge eines Grades der Erde faſt 57060 franzöſiſche Toiſen betrage, das machte alſo für die ganze Länge eines größten Kreiſes der Erdkugel 20,541,600 Toiſen.

Eigentlich war die von Snellius im Jahr 1615 in Holland unternommene Gradmeſſung die erſte, worin das Stück eines Bogens auf der Erde durch eine Folge unter einander verbundener Dreiecke beſtimmt war. Snellius hatte freilich noch mit mehr Schwierigkeiten zu kämpfen, als Picard, weil ſeine Winkelmeſſer noch unvollkommener waren, weil er noch keine Fernröhre hatte und weil er auch die Logarithmen bei ſeinen Rechnungen noch nicht anwandte.

§. 380.

Berühmt wurde auch der, 1696 geſtorbene Franzoſe Richer, welcher von der Pariſer Akademie nach Cayenne, in die Nähe des Aequators geſchickt wurde, um daſelbſt verſchiedene aſtronomiſche Beobachtungen anzuſtellen. Beſonders hatte er den Auftrag erhalten, den Planeten Mars zu obſerviren, welchen zugleich Picard in Dänemark, Caſſini und Römer in Frankreich (in der Provence) beobachteten. Man wünſchte nämlich aus der gegenſeitigen Vergleichung aller die-

ſer in ſo entfernten Gegenden unternommenen Obſervationen die Parallaxe dieſes Planeten zu beſtimmen. Faſt alle Aſtronomen beſchäftigten ſich damals mit dieſem Gegenſtande, um daraus überhaupt die Theorie der Parallaxen beſſer begründen zu können.

Die Beobachtungen des Richer führten dieſen zufälliger Weiſe auf eine noch viel wichtigere Entdeckung. Picard hatte zur Zeitmeſſung ein Pendel mitgenommen, welches in Paris genau Sekunden vibrirte. Er ließ es auch zu Cayenne Schwingungen machen; und da fand er, daß es zu langſam oſcillirte; er mußte es um 1¼ Linie verkürzen, wenn es noch Sekunden ſchwingen (in einer Stunde 3600 Oſcillationen machen) ſollte.

§. 381.

Richer ſchrieb dieſe Erſcheinung ganz richtig der ſphäroidiſchen, am Aequator erhabenen, an den Polen abgeplatteten Geſtalt der Erde zu; und als Huyghens davon hörte, da kam auch dieſer große Mann zugleich auf dieſelbe richtige Erklärung. Denn vermöge der Umdrehung der Erde um ihre Axe mußte die Centrifugalkraft um den Aequator herum größer ſeyn, als unter dem Pariſer Parallelkreiſe, (und noch größer als an Orten nahe bei den Polen); daher mußte ſie die natürliche und urſprüngliche Schwere in der Nähe des Aequators mehr ſchwächen, als in Paris. Und hieraus ſchloß man, daß ein Sekundenpendel zu Cayenne kürzer ſeyn müſſe, als zu Paris.

Das Alles wurde bald auch von andern Mathematikern und Phyſikern, namentlich von Newton beſtätigt. Selbſt alle Pendeluhren, die Reiſende mit in die Nähe des Aequa-

tors und der Pole nahmen, gingen dort zu langſam, hier zu geſchwind. Durch ſpätere Gradmeſſungen erhielt man über die ſphäroiſche Geſtalt der Erde genauere Auskunft.

§. 382.

Der 1635 geborne, 1702 geſtorbene Engländer Hook war nicht blos ein berühmter Mathematiker, ſondern auch ein ſehr geſchickter Aſtronom. Unter andern machte er ſich bei den Sternkundigen durch die Idee eines Syſtems der allgemeinen Gravitation bekannt, vornehmlich in Hinſicht der wechſelſeitigen Anziehung der Himmelskörper. So gab er gleichſam die Grundlinien zu dem Newtonſchen Syſteme. Sein 1646 geborner und 1720 geſtorbener Landsmann Flamſteed machte ſich durch Bruchſtücke aus der Geſchichte des Himmels (**Historia coelestis Britannica**) und durch ſein Fixſtern-Verzeichniß (ſeinen Himmels-Atlas) bekannt.

Der 1656 geborne und 1742 geſtorbene Halley war freilich noch berühmter. Dieſer geſchickte Mann ſtand faſt mit allen europäiſchen Aſtronomen in Verbindung. Die Fixſternen-Verzeichniſſe des Ptolemäus, des Tycho und des Flamſteed verbreiteten ſich nicht über die ſüdlichen, beſonders über die dem Pol ſich nähernden Sterne. Um dieſe Lücke in den Himmels-Atlaſſen auszufüllen, ging Halley im Jahr 1676 nach der Inſel St. Helena, der ſüdlichſten unter allen engliſchen Beſitzungen. Sein Verzeichniß der ſüdlichen Fixſterne vervollſtändigte unſere Kenntniſſe von dem Reichthume des Himmels ſehr bedeutend.

Halley hatte bei dieſer Gelegenheit noch andere merkwürdige Beobachtungen gemacht, z. B. am 3ten November 1677 den Durchgang des Merkurs durch die Sonnenſcheibe;

und auf einer Reiſe im Jahr 1679 nach Frankreich und Italien entdeckte er zuerſt den berühmten Kometen vom Jahr 1680, den Gottfried Kirch in Koburg ohngefähr zu gleicher Zeit ſah.

§. 383.

Die erſten ordentlichen Kometen=Beobachtungen hatte Tycho de Brahe an dem Kometen vom Jahr 1577 angeſtellt (§. 356.). Er glaubte die Kometen verſchwänden im eigentlichen Sinne auch wieder. Aus den Beobachtungen des Kepler an dem Kometen vom Jahr 1618 folgerte auch dieſer große Mann, daß die Bahn des Kometen geradlinicht zwiſchen der Erde und der Sonne hindurchgehe. Er hielt ſie für Himmelskörper, die im Entſtehen begriffen ſind, und im Himmelsraume noch wie Fiſche im Meere herumſchwämmen. Hevel, der ähnliche Gedanken hatte, legte ihnen aber doch eine paraboliſche Bahn bei. Auch dann würde ein ſolcher Komet nicht zurückkehren. Der 1680 erſchienene Komet wurde viel ſorgfältiger, als alle vorhergehenden beobachtet, am allerſorgfältigſten wohl von Georg Samuel Dörfel, einem Prediger (und Liebhaber der Aſtronomie) zu Plauen im Voigtlande vom 29ſten November bis Ende Januars. Dörfel bemerkte, daß dieſer Komet wirklich um die Sonne herumgegangen ſey; den ſichtbaren Theil ſeiner Bahn hielt er für eine Parabel, in deren Brennpunkt die Sonne liege. Newton glaubte bald darauf daſſelbe. Erſt ſpäter fand man, daß die Planetenbahnen eigentlich Ellipſen ſeyn müſſen, wenn ſie ganz um die Sonne herumkommen, folglich mehr wie einmal erſcheinen ſollen.

Bei dem Kometen von 1680 war die große Nähe merk-

gleich nach dem Tode des Julius Cäſar erſchienen ſeyn müſſe. Denſelben Kometen hielt er ſogar für die Urſache der Sündfluth. Andere, wie z. B. Whiſton, ſtimmten ihm hierin bei. — Die neueſte Zeit hat über die Bewegung und das Weſen der Kometen noch mehr Licht verſchaft.

§. 385.

Andere bekannte Aſtronomen des ſiebzehnten Jahrhunderts waren noch die Engländer Wright, Street und Wing; die Franzoſen Deschales und Bouillaud; die Deutſchen Bayer und Lansberg; der Italiener Fontana u. ſ. w. Die auf aſtronomiſche Lehren gegründeten Seecharten hatte der portugieſiſche Infant Heinrich, Sohn des Königs Johann, um die Mitte des fünfzehnten Jahrhunderts erfunden. Man nannte ſie platte Charten. Sie gaben den Weg des Schiffs in einer geraden Linie. Die Proportion der Parallelkreiſe und Mittagskreiſe war darin nicht beobachtet; denn beide waren als gerade Linien ausgedrückt. Der Niederländer Mercator zeigte in der Mitte des sechszehnten Jahrhunderts zuerſt, daß man die Grade der Mittagskreiſe erweitern müſſe. Der Engländer Wright aber lehrte in dem folgenden Jahrhundert, daß, wenn man den Mittagskreis in kleine Theile getheilt annimmt, dieſe kleinen Theile bei der Entfernung vom Aequator nach einerlei Verhältniß mit dem Sekanten ihrer Breite wachſen. Dieſe ſogenannten reducirten Charten wurden ums Jahr 1530 beim Seeweſen eingeführt.

§. 386.

Unter Loxodromie verſtand man immer die Fahrt, welche das Schiff auf der Oberfläche der Erdkugel nach einer=

lei Windſtrich verfolgt; ſie war eine krumme Linie (loxodromiſche Linie) von doppelter Krümmung. Zur leichtern Beſtimmung ihres Fortgangs ꝛc. berechneten Wright, Stevin, Snellius, Deschales u. a. Tafeln (loxodromiſche Tafeln), welche man ſeit Einführung der reducirten Seecharten nicht mehr gebraucht. Hier kommt nur eine gemeine krumme Linie vor, die ſich viel leichter berechnen läßt. Denn während einer langen Reiſe bewegt ſich das Schiff nie in einerlei Loxodromie, weil es zu oft wegen Inſeln, Klippen u. dgl. ſeine Richtung verändern muß. Theilt man die Fahrt in mehrere loxodromiſche Linien, ſo kann man in den meiſten Fällen ohne merklichen Fehler jeden Theil blos als gerade Linie betrachten.

Noch manche andere Vortheile zog die Schiffahrt aus der Sternkunde. Man denke nur an die Beobachtung der Geſtirne, um Länge und Breite des Orts zu beſtimmen, wo man ſich befindet, an die Erfindung des Harriſon (§. 31 f.) u. ſ. w.

§. 387.

Die von Huyghens ums Jahr 1673 entdeckte Theorie der Centralkräfte führten den großen Newtoln zuerſt auf das Geſetz derjenigen Kraft, welche den Mond in ſeiner Bahn um die Erde erhält (Centripetal- und Centrifugalkraft). Nachher dehnte er daſſelbe Geſetz auch auf alle Körper unſeres Planetenſyſtems aus. Jeder Planet dreht ſich um die Sonne, jeder Trabant um ſeinen Hauptplaneten, weil er von demjenigen Himmelskörper, den er gleichſam untergeordnet iſt, angezogen wird und weil zugleich noch eine andere Kraft auf ihn wirkt, die ihn davon abtreiben will. Aus den beiden

Kräften entſteht diejenige mittlere Kraft, welche ihn um den Hauptkörper herum treibt.

Die Hauptplaneten beſchreiben Ellipſen um die Sonne, welche einen der Brennpunkte einnimmt; und eben ſo beſchreiben die Trabanten Ellipſen um ihre Hauptplaneten. Die beiden Keplerſchen Geſetze (§. 371.) kamen dem Newton bei Feſtſetzung ſeiner Theorie ſehr zu ſtatten.

§. 388.

Eine von einem Baume herabfallende Birn ſoll unſern Newton im Jahr 1666 die erſte Veranlaſſung zu ſeiner wichtigen Entdeckung gegeben haben. Anaxagoras, Democrit und Epicur hatten den Himmelskörpern eine Schwere gegen unſere Erde zugeſchrieben. Kopernicus hatte die Urſache, warum die Himmelskörper eine runde Geſtalt haben, der Neigung ihrer Theile, ſich vermöge der Schwere zu vereinigen zugeeignet. Und Kepler hatte die Hypotheſe aufgeſtellt, daß ein Planet gegen den andern ſchwer ſey oder das Beſtreben habe, ſich nach ihm hin zu bewegen. Fermat, Roberval, Borelli und Hook kannten gleichfalls die Kraft der Schwere, wodurch Anziehungen bewirkt werden. Hook beſonders kannte ſie in ihrem ganzen Umfange. Aber erſt Newton machte von ihr die gehörige Anwendung im Weltgebäude.

Als Newton die Birn vom Baume herunterfallen ſah, da dachte er über die Urſache dieſes Falls nach und was geſchehen müßte, wenn ſie nicht auf die Erde kommen, ſondern um den Baum, oder auch wohl um die Erde ſich herumbewegen ſollte. Seine Gedanken kamen dann bald auf einen höhern Standpunkt. Er dachte ſich den Mond als unter-

geordneter Körper oder Begleiter der Erde, die Hauptplaneten als unterordnete Körper der Sonne, die Jupiterstrabanten als untergeordnete Körper oder Begleiter des Jupiters ꝛc. Er verglich bei den um die Sonne ſich wälzenden Himmelskörpern die Zeiten der Umläufe mit ihren Weiten von der Sonne; und da fand er, daß ihre Schwungkräfte, folglich auch ihre Normalkräfte, ſich umgekehrt wie die Quadrate ihrer Weiten verhielten.

§. 389.

Kaum hatte Newton gefunden, daß der Fall des Mondes zur Erde in einer Minute den 3600ſten Theil des Falls der Körper auf Erden betragen müſſe, als ihm ſein ſchönes Geſetz zuſammen zu ſtürzen ſchien. Er kannte nämlich die Norwoodſche Meſſung eines Erdgrades vom Jahr 1635 noch nicht. Nach dieſer Meſſung wurde ein ſolcher Grad 69½ engliſche Meilen groß gefunden, den Newton zu 60 Meilen angenommen hatte. Er ſetzte daher ſeine Hypotheſe vorerſt bei Seite, um ſie zu einer gelegenen Zeit wieder vorzunehmen. Dies geſchah im Jahr 1676, wahrſcheinlich auf Veranlaſſung der Hookſchen Entdeckungen.

Newton fand jetzt, daß der Mond in einer Minute durch 15½ Fuß gegen die Erde herab falle, während der Fall eines Körpers nahe an der Erde in einer Sekunde ſo viel beträgt. Da war es ihm nun leichter, einzuſehen, daß der Mond vermöge dieſer Kraft und der Fliehkraft (Schwungkraft) in ſeiner Bahn erhalten werden konnte. Auf Halleys Antrieb gab er nun im Jahr 1687 ſein berühmtes Werk heraus.

§. 390.

Newton hatte den Satz aufgeſtellt, daß die Erde, wenn ſie bei ihrer Erſchaffung flüſſig geweſen ſey, durch ihre Axen-Umdrehung eine ſphäroidiſche Geſtalt habe annehmen müſſen; daſſelbe wäre auch mit den übrigen Planeten, Trabanten ꝛc. der Fall geweſen. Stirling, Clairaut und beſonders Maclaurin verfolgten dieſen Satz weiter und ſuchten gründliche Beweiſe dafür aufzuſtellen. Maclaurin zeigte unter andern auch, daß jeder im Innern des Sphäroids angenommene Punkt im Gleichgewicht ſey oder in allen Arten von Richtungen gleich ſtark gedrückt werde. D'Alembert ſtellte um die Mitte des achtzehnten Jahrhunderts ebenfalls manche fruchtbare Unterſuchung über denſelben Gegenſtand an.

Bald nach Erfindung der Fernröhre entdeckte man aus der Beobachtung der Planeten-Flecken, welche ſich regelmäßig veränderten, daß auch die Planeten eine Umdrehung um ihre Axe haben. Daſſelbe war auch bei der Sonne der Fall. Und daraus ſchloß man wieder, daß auch ſie eine abgeplattete (ſphäroidiſche) Geſtalt haben müßten, und zwar mehr oder weniger, je nachdem ihre Umdrehung mehr oder weniger ſchnell iſt.

§. 391.

Man wußte wohl, daß die Erde ſich binnen 24 Stunden gleichförmig um ihre Axe dreht; man wurde aber auch gewahr, daß, wegen der Ungleichheit ihrer jährlichen elliptiſchen Bewegung und wegen der ſchiefen Lage ihres Aequators in Beziehung auf die Ecliptik, die Tage (oder diejenigen Zeiträume, welche die Sonne vermöge ihrer ſcheinbaren Be-

wegung gebraucht, um wieder denſelben Meridian zu erreichen) ungleich ſind, bald etwas länger, bald etwas kürzer. Ihre mittlere Dauer beträgt nur 23 Stunden 56 Minuten. Man hat ja darauf Tafeln, Aequationstafeln, und eigne ſehr ſinnreiche Uhren, Aequationsuhren, gegründet, welche letztere die wahre und mittlere Zeit, ſowie die Zeitgleichung oder Aequation genau angeben. Schon im Jahr 1699 hatte Karl II., König von Spanien, eine ſolche Pendeluhr, wie ſie ſpäter Meynier, Duchesne, Thiout, le Paute, Berthoud und Schulze noch vollkommener an's Licht brachten.

Die Aſtronomen fanden nun auch, daß die Sonne in 25½ Tagen; die Venus in 23 Stunden 20 Minuten; Mars in 24 Stunden 40 Minuten; Jupiter in 9 Stunden 56 Minuten; und Saturn in 10 Stunden 16 Minuten um ihre Axe ſich drehen. — Merkurs Kleinheit und große Nähe bei der Sonne ließen ſeine Axen-Umdrehung lange nicht erkennen, bis es endlich erſt im Jahr 1800 dem berühmten Aſtronomen Schröter in Lilienthal glückte, auch ſie in Erfahrung zu bringen. Er beſtimmte ſie zu 24 Stunden 5¼ Minute.

§. 392.

Die beſten Aſtronomen des achtzehnten Jahrhunderts fanden es ſehr wahrſcheinlich, daß auch die Fixſterne eine Axen-Umdrehung haben, daß ſie überhaupt ähnliche Himmelskörper wie unſere Sonnen ſind, um welche ſich wieder Planeten und Kometen drehen. Man glaubte ſogar, daß die Umdrehungsaxe eines Fixſterns wohl ihre Lage am Himmel (etwa durch Attraction anderer Himmelskörper) zu verändern

vermöchte, und daß es vielleicht von einer ſolchen Veränderung herrühre, wenn gewiſſe Fixſterne (wie §. 357.) plötzlich erſcheinen oder verſchwinden, oder an Größe und Helligkeit ab- oder zunehmen.

Man ſah ferner wohl ein, daß die Umdrehungs-Bewegungen der Planeten um ihre Axen nicht dieſelben Geſetze, wie ihre fortrückende Bewegung um die Sonne, befolgten. Die letztere Bewegung offenbarte ſich (in Hinſicht der Umlaufszeit) um ſo viel langſamer, je entfernter der Planet von der Sonne iſt; die Umdrehungs-Geſchwindigkeit um die Axe kann dagegen um ſo größer ſeyn. So dreht ſich z. B. Jupiter ſchneller um ſeine Axe, als die näheren Planeten Venus, Erde und Mars. Und doch können, wie Johann Bernoulli zuerſt ſcharfſinnig zeigte, beide Arten von Bewegungen, Axen-Umdrehung und Herumdrehung um einen andern Himmelskörper, eben ſo gut von einer und derſelben Urſache hervorgebracht werden, wie eine aus einer Kanone losgeſchoſſene Kugel außer der gerade fortgehenden Bewegung noch eine Axenbewegung (Umdrehung um ihre Axe) zu erhalten im Stande iſt.

§. 393.

Wenn Newton, Richer und andere ſcharfſinnige Männer (§. 380 f.) die ſphäroidiſche Geſtalt der Erde ſchon durch ſcharfſinnige Schlüſſe, durch Verſuche mit Pendeln ꝛc. vorausſagten, ſo wurde dies immer mehr und genauer durch die neuern Gradmeſſungen beſtätigt. Das that ja ſchon Picard im Jahr 1669. Wenn nämlich die Erde eine vollkommene Kugel wäre, ſo müßte man auf derſelben offenbar um $\frac{1}{360}$ des Mittagskreiſes fortgehen, wenn man einen Stern in das

Zenith bekommen wollte, der an dem Himmelsgewölbe von dem Zenith des erſtern Orts, von welchem man wegging, um einen Grad entfernt iſt. Das geſchieht aber nicht, weil nicht überall vollkommene Kreislinien um die Erde gezogen werden können. Da, wo die Erde flacher iſt (nach den Polen zu), muß man weiter fortgehen, damit jene Erſcheinung mit dem Stern erfolge; und da, wo die Erde gekrümmter iſt (nach dem Aequator zu) hat man weniger weit zu gehen.

Da Caſſini, welcher Picards Grad-Meſſung wiederholte, ein entgegengeſetztes Reſultat, wie dieſer, herausbrachte, und denkende Naturforſcher Newtons, Richers, Picards und anderer verdienter Männer Beſtimmungen unmöglich aufgeben konnten, auch Fehler bei Caſſini's Meſſung auf die wahrſcheinlichſte Art vermuthet wurden, ſo ſchickte die Pariſer Akademie der Wiſſenſchaften geübte Mathematiker in die Nähe des Aequators und in die Nähe der Pole, wo ſie einige Grade des Mittagskreiſes meſſen ſollten.

§. 394.

So ſegelten denn Bouguer, de la Condamine und Godin im Jahr 1735 nach Südamerika, und zwar nach Quito im Reiche Peru, gerade unter den Aequator. Der König von Spanien, dem Quito gehörte, gab ihnen zur Hülfe noch zwei Offiziere, Juan und de Ulloa mit auf die Reiſe. Maupertuis, le Monnier, Outhier und Camus ſchifften ſich im Jahr 1736 nach Torneå im ſchwediſchen Lappland ein, nicht gar weit vom Nordpole. Zu ihnen geſellte ſich noch, auf Befehl des Königs von Schweden, der Mathematiker Celſius. Alle dieſe Gelehrte ſollten einen Theil des Mittagskreiſes, der wenigſtens beinahe einen

Grad betrüge, auf das Genaueſte meſſen, ſo genau, daß man daraus im Stande wäre, ganz ſichere Schlüſſe in Hinſicht der wahren Geſtalt der Erde zu machen.

Die Geſellſchaft in Lappland hatte freilich viele Kälte auszuſtehen und beim Meſſen mancherlei andere Schwierigkeiten, namentlich wegen der vielen Sümpfe, zu überwinden. Indeſſen wurde ſie mit ihrer Arbeit zuerſt fertig; nach Verlauf von einem Jahre kehrte ſie wohlbehalten in ihr Vaterland zurück. Bei weitem mehr Ungemächlichkeiten mußte die Geſellſchaft in Peru erdulden, beſonders da ſie nicht einen, ſondern drei Grade maß. Tag und Nacht mußten dieſe Mathematiker auf den Gipfeln der hohen amerikaniſchen Gebirge verweilen und daſelbſt die ſtrengſte Kälte ausſtehen, obgleich ſie ſich in einem ſehr heißen Himmelsſtriche befanden. Die dünne Luft auf den ſehr hohen Bergen machte ihnen zugleich das Athmen ſchwer. Und wirklich litt dadurch ihre Geſundheit gar ſehr. Erſt im Jahr 1744 waren ſie mit ihrer Arbeit fertig; ſie kehrten daher acht Jahre ſpäter, als die Lappländiſche Geſellſchaft in ihr Vaterland zurück.

§. 395.

Nun wurden die Reſultate dieſer berühmten Erdmeſſungen mit einander verglichen; und da fand ſich denn wirklich, daß die Erde eine ſphäroidiſche, an den Polen platt gedrückte Geſtalt hat. Denn die Geſellſchaft an den Polen hatte den Grad des Mittagskreiſes daſelbſt 57422 franzöſiſche Toiſen groß gefunden; die Geſellſchaft am Aequator einen Grad daſelbſt 56753 Toiſen. Folglich waren die Grade der Erde in der Nähe der Pole größer (welches von mehr Flachheit der

Erde herrührte), in der Nähe des Aequators kleiner (weil da die Erde mehr angeſchwollen, folglich runder war).

In der Folge wurde dieſes Alles durch andere Meſſungen vollkommen beſtätigt, z. B. durch diejenige des de la Caille im Jahr 1751, des Boscowich im Jahr 1755, des Beccaria im Jahr 1768, des von Zach im Jahr 1798 u. a. — So ergab ſich denn im Durchſchnitt, daß die Dicke der Erde zwiſchen ihren Polen, oder die Größe der Erdaxe, 1714 geographiſche Meilen betrage; die Dicke der Erde beim Aequator, oder der Durchmeſſer des Aequators, 1724 geographiſche Meilen. Der Durchmeſſer des Aequators iſt alſo zehn Meilen größer als die Erdaxe.

§. 396.

Die Reiſen um die Erde konnten natürlich blos die kugelartige Geſtalt unſeres Planeten beſtätigen; die ſphäroidiſche konnte man daraus nicht in Erfahrung bringen. Aber auch in jener Hinſicht ſind ſie beſonders deswegen merkwürdig, weil ſie dem Anfänger der Geographie einen offenbaren Beweiß von der runden (kugelartigen) Form der Erde vor Augen legen. Denn wer ſich immer nach einerlei Gegend hin bewegt, ohne umzukehren, und am Ende wieder an dieſelbe Stelle kommt, von welcher er ausging, der muß doch wohl in die Runde herumgekommen ſeyn.

Der Portugieſe Ferdinand Magellan umſchiffte die Erde in den Jahren 1519 bis 1522 zuerſt. In den Jahren 1577 bis 1580 that der Engländer Franz Drake daſſelbe; ſowie im Jahr 1586 bis 1588 Thomas Cavendiſh; 1598 bis 1601 der Holländer Olivier van Nort; 1689 bis 1691 der Engländer William Dampier; 1740 bis

1744 Georg Anſon; 1764 bis 1766 Byron; 1766 bis 1769 Wallis und Carteret; und in denſelben Jahren auch der Franzoſe Bougainville. Der berühmte engliſche Capitain Cook unternahm ſeine erſte Reiſe um die Erde, worauf ihn die Naturforſcher Banks und Solander begleiteten, in den Jahren 1768 bis 1771; ſeine zweite Reiſe in Begleitung des alten und jungen Forſter in den Jahren 1772 bis 1775; ſeine dritte, auf welcher er umkam; 1776 bis 1780. Der ruſſiſche Capitain Kruſenſtern umſchiffte die Erde mit dem Naturforſcher Langsdorf in den Jahren 1803 bis 1806; u. ſ. w.

§. 397.

Selbſt im Laufe des achtzehnten Jahrhunderts gab es — was beinahe unglaublich iſt — noch einzelne Gebildete, welche die Umdrehung der Erde um ihre Axe beſtreiten wollten. Sie behaupteten unter andern, wenn eine ſolche Drehung der Erde ſtatt fände, ſo könnte ein Stein, welchen man von einem Thurme herabfallen ließe, nicht unten an dem Fuße des Thurmes anlangen, weil ja der Stein, während ſeines Fallens weit nach Oſten entfliehen würde. Solche Menſchen bedachten aber nicht, daß der fallende Stein eine zuſammengeſetzte Bewegung hat, erſtens die Geſchwindigkeit der Erde von Weſten nach Oſten ſelbſt, und dann die Bewegung ſeines Falls, wodurch er bis zu dem Fuße des Thurms Diagonalen von Parallelogrammen zu durchfallen gezwungen wird.

Durch ſchwere Körper, die man von hohen Thürmen herabfallen ließ, iſt ja ſogar die Axen-Umdrehung der Erde direct erwieſen worden. Bewegt ſich nämlich die Erde um ihre Axe, ſo hat jede Stelle der Oberfläche eine gewiſſe Geſchwindigkeit

und Schwungkraft. Die verſchiedenen Punkte eines hohen Körpers, z. B. eines Thurmes, können aber nicht alle einerlei Geſchwindigkeit, folglich auch nicht einerlei Schwungkraft haben. Dieſe muß deſto größer ſeyn, je höher der Punkt iſt. Denn der höhere Punkt beſchreibt ja bei der Axen-Umdrehung einen größern Bogen, als der niedrigere, wenn der Unterſchied, in Vergleich gegen den Halbmeſſer der Erde, auch nur geringe iſt. Fällt nun ein Körper von einem ſolchen höhern Punkte herab, ſo kann er nicht genau die ſenkrecht unter ihm liegende Stelle treffen. Er muß vielmehr vorwärts nach Oſten hin fallen, weil er, ehe er zu fallen anfing, ſchon eine größere Geſchwindigkeit als die unter ihm liegende Stelle hatte, z. B. die Spitze eines hohen Thurms eine größere, als der Fuß deſſelben.

§. 398.

Schon Newton hatte gezeigt, daß fallende Körper öſtlich von der ſenkrechten Linie abweichen müſſen; und Hook ſtellte deshalb ſchon Verſuche an. Aber dieſe Verſuche führten zu nichts, weil die Fallhöhen, deren Hook ſich bediente, zu gering waren, nämlich nur 30 Fuß betrugen. In der neuern Zeit ſtellten der Italiener Guglielmini und der Deutſche Benzenberg vollkommnere Verſuche an, welche zu einem ordentlichen Reſultate führen mußten. Letzterer machte ſeine Verſuche im Jahr 1802 auf dem ausgezeichnet hohen Michaelisthurme zu Hamburg, und zwar an luftſtillen Tagen und mit beſonderer Sorgfalt. Von 31 ſchweren Kugeln, die durch einen Raum von 235 Fuß herabfielen, wichen 21 nach Oſten zu ab; alle aber zeigten wenigſtens das Beſtreben an, nach Oſten zu hinfallen zu wollen; Nebenumſtände veränder-

ten die Richtung von einigen. Auf jeden Fall wurde dadurch die Axen-Umdrehung der Erde von Weſten gen Oſten beſtätigt.

Guglielmini beſchrieb ſeine Verſuche im Jahr 1792. Auch die Experimente des la Place ſtimmten damit überein. Schwer iſt es allerdings, ſolche Verſuche mit der erforderlichen Genauigkeit anzuſtellen.

§. 399.

Die Geſtalt des Mondes genauer zu erforſchen, war ein Hauptaugenmerk mancher Aſtronomen des achtzehnten Jahrhunderts. Schon im ſiebzehnten Jahrhundert hatte Hevel (Hevelius) in Danzig die Höhen von Mondsbergen ziemlich richtig gemeſſen. Er entwarf auch ſchon, wie Riccioli zu Bologna es gleichfalls that, Mondcharten oder Landcharten vom Monde; und Hevel ſowohl, als Riccioli gaben den ausgezeichneten Mondflecken, wie wir ſchon wiſſen, Namen, erſterer von verſchiedenen Ländern und Meeren unſerer Erde; letzterer von berühmten Aſtronomen und andern Gelehrten. Die neuern Aſtronomen ſetzten noch mehr ſolche Namen hinzu. So gab es denn im Monde ein kaſpiſches Meer, ein adriatiſches Meer, ein mittelländiſches Meer, einen Seneka, einen Plinius, einen Archimedes, einen Ariſtoteles, einen Peurbach, einen Regiomontan, einen Kopernikus, einen Tycho, einen Kepler, einen Dörfel, einen Leibnitz, einen Huyghens, einen Tobias Mayer ꝛc.

Mit den Herſchelſchen Spiegelteleſkopen (§. 184.) ſind, von Herſchel ſelbſt, vorzüglich aber von Schröter zu Lilienthal, die meiſten Entdeckungen am Monde gemacht worden. Als man dieſen Himmelskörper früher mit unvollkommnern Werkzeugen und nicht ſo genau betrachtete, da ſchien es, als

wenn er durch Feuer und Dampf zerrüttet ſey und aus furchtbar öden Gebirgen, Thälern, Klüften ꝛc. beſtehe, die zum Aufenthalt lebender Weſen gar nicht geeignet ſeyen. Als aber jene Männer mit ihren trefflichen Fernröhren ihn auf das genaueſte betrachteten, da offenbarte ſich ihren Augen der herrlichſte Schauplatz einer andern Welt, da ſahen ſie in ſeinem Bau die überraſchendſte Aehnlichkeit mit dem Bau unſerer Erde, da erblickten ſie eben ſolche landſchaftliche Schattirungen auf der Mondfläche, als die Erdfläche zeigen würde, wenn wir ſie vom Monde aus beobachten würden, da unterſchieden ſie auf der Mondfläche deutlich ebene Flächen, Gebirge, Thäler ꝛc. von verſchiedener Form und Größe.

§. 400.

Herſchel, Schröter und andere unermüdet thätige Aſtronomen fanden es durch ihre Meſſungen beſtätigt, daß der Mond noch höhere Berge hat, als unſere Erde; z. B. in denjenigen Gebirgsketten, welche Dörfel und Leibnitz heißen, ſind Bergſpitzen, welche höher als der Chimboraſſo in Amerika ſind. Der Schatten der Monds-Berge, welcher deutlich geſehen werden kann, gab dem Schröter das beſte und bequemſte Mittel an die Hand, die Höhen der Mondsberge zu meſſen. Die Höhen der Berge auf Erden vermöge des Schattens mathematiſch zu beſtimmen, hatte man ſchon längſt in Ausübung gebracht.

Schröter und Herſchel wurden durch ihre Beobachtungen auch überzeugt, daß die ringförmigen Einſenkungen des Mondes wahre kraterähnliche und zwar leere Behältniſſe ſind. Sie verglichen ſie mit den wirklichen Kratern der Erd-Vulkane. Sie ſahen deutlich genug, daß ſolche Krater

und Ringgebirge nicht durch Wirkungen von Außen her, ſondern von Innen heraus entſtanden ſeyn konnten. Auch die Tiefe ſolcher Einſenkungen maß Schröter mittelſt des Schattens.

§. 401.

Aus Herſchels und Schröters Mond-Beobachtungen ergab ſich ferner, daß der Mond nicht ſo viele Quellen und keine ſo beträchtliche Flüſſe, wie unſere Erde haben konnte. Denn 4000 bis 5000 Fuß breite Flüſſe würden jene verdienſtvollen Männer mit ihren Fernröhren wahrgenommen haben. Einen Ocean haben ſie nie darin geſehen; auch keine ſo beträchtlichen Meere, wie unſere Erde ſie hat.

Eine Atmoſphäre oder eine durchſichtige aus ſehr feinen Stoffen beſtehende Hülle (wie die Lufthülle, die unſere Erde rings um ſich herum beſitzt) haben die Aſtronomen auch dem Monde zugeeignet. Aber dieſe Mond-Atmoſphäre mußte nothwendig weit feiner, auch trockner als die Erd-Atmoſphäre ſeyn. Denn letztere verliert durch aufgeſtiegene Dünſte (Nebel oder Wolken) ſeine Durchſichtigkeit oft ganz. Bei dem Monde iſt nie ſo etwas bemerkt worden. — Die große Summe von intereſſanten Entdeckungen, welche Schröter an dem Monde machte, beſchrieb er im Jahr 1791 in einem höchſt wichtigen Werke (Selenotopographiſche Fragmente).

§. 402.

Die ſtärkſte Kraft, welche auf den Mond wirkt, iſt die Schwerkraft unſerer Erde, wodurch jener Trabant gleichſam an die Erde gebunden iſt. Aber auch die Attraction der Sonne wirkt auf ihn, und ſtört ſeine elliptiſche Bewegung.

Auch die übrigen himmliſchen Körper wirken vermöge ihrer Schwere immer etwas auf den Mond; aber die dadurch hervorgebrachten Effekte ſind ſo gering, daß man ſie nicht zu beachten pflegt. — So betrachtet man ja auch bei den Bewegungen des Saturns und Jupiters nur diejenigen Ungleichheiten, welche die gegenſeitigen Anziehungen dieſer Planeten auf einander erzeugen.

Galilei hatte das (ſcheinbare) periodiſche Wanken oder Schwanken des Mondes, welches man Libration nennt, ſchon deutlich darin wahrgenommen, daß einige Flecken des Mondes ſich dem Mondrande näherten, andere von dem entgegengeſetzten Rande ſich mehr entfernten und mehr nach der Mitte des Randes hinkamen. Newton aber entdeckte mittelſt der Gravitationstheorie vier bedeutende Ungleichheiten in der Mondbewegung: die Variation; die jährliche und rückläufige Bewegung der Knoten der Mondsbahn; die Hauptgleichung oder Ungleichheit der Knoten-Bewegung; und die Aenderung der Neigung der Mondsbahn gegen die Ebene der Ecliptik. Indeſſen war Newtons Theorie des Mondes noch unzureichend für die feinere Sternkunde. Euler, Clairaut und d'Alembert ſuchten ums Jahr 1747, durch Hülfe der bis dahin gemachten Fortſchritte in der Analyſis, Alles genauer und beſſer zu machen. Die Mondstheorien dieſer drei Gelehrten ſind den Sammlungen der Pariſer Akademie von den Jahren 1752, 1753 und 1754 einverleibt worden.

§. 403.

Euler vermehrte ſeine großen Verdienſte um die mathematiſchen Disciplinen durch ſeine Theorie der Bewegungen

des Saturns und Jupiters, welche den Preis der Pariſer Akademie für das Jahr 1748 erhielt. Er zeigte in ſeiner Preisſchrift auf das Scharfſinnigſte, daß Saturn und Jupiter ſich gegenſeitig in ihren elliptiſchen Bewegungen ſtören. Noch vollkommener behandelte derſelbe berühmte Mann denſelben Gegenſtand in einer andern mit den tiefſten Rechnungen ausgeſtatteten Schrift, welche von der Pariser Akademie im Jahr 1752 einen doppelten Preiß erhielt. Als dieſelbe gelehrte Akademie für das Jahr 1756 einen doppelten Preiß für die beſte Theorie der Ungleichheiten, welche die Planeten in der Bewegung der Erde verurſachen können, ausgeſetzt hatte, ſo gewann Euler auch dieſen.

Eine eigne Methode über denſelben Gegenſtand machte Clairaut im Jahr 1757 der Pariſer Akademie bekannt. Er fügte den von Euler betrachteten Störungen noch die Wirkung des Mondes bei, um dieſelbe Theorie zu vervollſtändigen.

§. 404.

Der berühmte, 1720 geborne und 1762 geſtorbene Göttingiſche Aſtronom Mayer hatte in den Jahren 1754 und 1759 theils nach Eulers Theorie, theils nach eignen Beobachtungen Mondstafeln verfertigt, welche genauer waren als alle bisherige. Da man ſolche Tafeln auch zur Beſtimmung der geographiſchen Länge auf der See gebrauchen konnte, ſo erhielten Mayers Erben dafür einen Theil der von England aus auf die Erfindung der Meereslänge ausgeſetzten Belohnung, nämlich 3000 Pfund Sterlinge. Im Jahr 1767 erſchienen dieſe Tafeln, ſammt der Mayerſchen Mondstheorie, zu London. Auch in den Berliner Sammlungen ka=

men ſie heraus. Maſon verbeſſerte ſie durch eine große Reihe von Beobachtungen, wie man ſie in der Aſtronomie des la Lande vom Jahr 1790 findet.

Aehnliche gute Tafeln verfertigte auch Clairaut im Jahr 1764. Sowohl Mayer, als Clairaut hatten durch eine geſchickte Verbindung der Obſervationen mehrere Gleichungen beſtimmt, die man aus dem Gravitations-Syſteme hatte hinwegbringen müſſen. Euler verfiel im Jahr 1769 auf eine neue Methode, die Ungleichheiten des Mondes zu beſtimmen, und verfertigte darnach neue Mondstafeln, worin die Zahl der Gleichungen geringer und der Gebrauch bequemer iſt, als bei den frühern Verfahrungsarten. Ein vortreffliches Werk vom Jahr 1772 (Theoria motuum lunae etc.) beurkundet Eulers Genie und die daraus abgefloſſenen ſchönen Entdeckungen. Weil Euler damals faſt ganz blind war, ſo führte ſein geſchickter Sohn Albert Euler, in Gemeinſchaft mit des Vaters Schülern Krafft und Lexell, die Berechnungen jenes hochberühmten Mannes aus. In den Jahren 1770 und 1772 erhielt Euler abermals anſehnliche Preiſe für die neue vereinfachte Mond-Theorie. In der neueſten Zeit haben die geſchickten Aſtronomen von Zach in Gotha und Bürg in Wien die Mondstafeln noch weiter vervollkommnet.

§. 405.

Wie außerordentlich ſtark die anziehende Kraft der Sonne iſt, welcher alle Planeten untergeordnet ſind, kann man leicht denken. Die franzöſiſchen Aſtronomen de la Lande, la Place, ſowie unſer Käſtner u. a. haben das Verhältniß der Stärke dieſer Kraft gegen die Schwerkraft der Erde aus der ungeheuern Maſſe jenes Weltkörpers zu beſtimmen geſucht. Käſt-

ner fand durch ſcharfſinnige Rechnungen, daß die Maſſe der Sonne 346230 iſt, wenn man die Maſſe der Erde zur Einheit annimmt. Er nahm die Sonnenparallaxe zu $8\frac{7}{10}$ Sekunden und die Mondparallaxe zu 57 Minuten 21 Sekunden an. Und daraus berechnete er, daß der Sonnenhalbmeſſer $112\frac{72}{100}$ Erdhalbmeſſern gleich iſt, daß der Fall eines Körpers auf der Sonne in einer Sekunde $409\frac{64}{100}$ Fuß betragen würde; u. dgl. mehr.

Halley hatte ſchon Sonnentafeln (Tafeln über den Sonnenlauf) verfertigt, bei welchen auf die Perturbationen oder Störungen Rückſicht genommen wurde. De la Caille, Tobias Mayer und um's Jahr 1790 von Zach lieferten vollkommnere. Solche Tafeln waren vornehmlich zur Beſtimmung der Tageszeit ſehr nützlich.

§. 406.

Was die Beſchaffenheit des Sonnenkörpers ſelbſt betrifft, ſo ſind darüber in ältern Zeiten mancherlei abentheuerliche oder unnatürliche Erklärungen zum Vorſchein gekommen. Da die Sonne ſo große Hitze auf unſerer Erde erregt, und mit Hülfe von Brenngläſern und Brennſpiegeln noch weit größere zu erregen vermag, ſo konnte es nicht fehlen, daß man ſich dieſen Himmelskörper als ein ungeheures Feuermeer dachte, von welchem Flamme und Hitze höchſt gewaltſam fortſchoß. Dieſe Meinung hatten unter andern im ſiebzehnten Jahrhundert noch Kircher, Scheiner und Zahn. Auch Wolff hatte noch zu Anfange des achtzehnten Jahrhunderts denſelben Gedanken.

In ſpäterer Zeit, wo ſo manche Zweige der Naturwiſſenſchaften ſich vervollkommneten, wo z. B. die Theorie der

ſetzte ein gewöhnliches, blos dunkel gefärbtes oder an einer Lampe ſchwarz angelaufenes Glas vor die Okularlinſe des Fernrohrs, wie es in neuern Zeiten gewöhnlich geſchieht.

§. 408.

Beſonders ſtellte ſchon Scheiner viele Beobachtungen über die Sonnenflecken und Sonnenfackeln (die hellen Stellen) an. König in Mannheim, Schröter in Lilienthal und andere bemerkten oft ganze Gruppen von Flecken an Stellen, wo viele Jahre lang gar keine geſehen wurden. Und ſo erblickte man bis auf die neueſte Zeit oft viele, dann wieder wenige und zuweilen gar keine Flecken. Dies war den Aſtronomen in mancher Hinſicht räthſelhaft. Nicht ſelten erſchienen die anfangs kleinen Flecken-Gruppen größer und zogen ſich dann oft in einen einzigen großen Flecken zuſammen, der wohl über 6000 Meilen lang war. Hernach wurden ſie wieder kleiner und kleiner, verſchwanden auch wieder gänzlich u. ſ. fort.

Auch eine ziemlich ordentliche Bewegung bemerkten die neuern Aſtronomen an den Sonnenflecken. Sie ſchienen nämlich faſt immer parallel über die Oberfläche der Sonne hinzulaufen, und zwar vom öſtlichen Rande derſelben nach dem weſtlichen, hinter welchen ſie ſich dann verbargen. Am öſtlichen Rande kamen ſie nach einiger Zeit, ohngefähr nach 14 Tagen, wieder zum Vorſchein; u. ſ. w.

§. 409.

Aus einer ſolchen Bewegung der Flecken, die immer nach einer gewiſſen Richtung hin geſchah, ſchloß man nämlich die Umdrehung der Sonne um ihre Axe. Das thaten ſchon Fabricius und Scheiner. Genauere Methoden, die ſeit

dieſer Umdrehung zu erforſchen, ſtellten im achtzehnten Jahrhundert Hauſen, de l'Isle, Caſſini, Käſtner, Albert Euler, Fixlmillner, de la Lande, Schröter u. a. auf. Uebrigens hatte ſchon Kepler, vor Entdeckung der Sonnenflecken, eine Idee ſich davon gemacht, wie die Sonne durch Umdrehung um ihre Axe die Planeten mit ſich führen könnte.

Wenn man die Sonnenflecken ſelbſt für Rauch, oder auch wohl für Wolken erklärte, ſo war das Unzulängliche oder Unſtatthafte dieſer Erklärung leicht einzuſehen. De la Hire's Erklärung war die erſte vernünftige, die auch im Ganzen jetzt noch von den erſten Aſtronomen als die wahrſcheinlichſte angenommen wird. Die Sonne ſelbſt iſt nämlich ein dunker Körper, der eine Atmoſphäre von Lichtmaterie um ſich herum hat, auf ähnliche Art, wie unſere Erde rings um ſich herum eine Hülle von Luft beſitzt. Die Flecken aber ſind blos Hervorragungen von feſten Maſſen der Sonne da, wo die Lichthülle dünner über ihnen ſich befindet. Es wird beſtändig friſches Licht um der Sonne herum (vielleicht durch die ſchnelle Axen-Umdrehung derſelben) entwickelt. Nun kann aber zu gewiſſen Zeiten die Summe der Lichtmaterie geringer, die Lichthülle alſo dünner ſeyn, und dann erſcheinen neue Flecken oder auffallend viele; u. dgl. Im Allgemeinen ſtimmen mit dieſer Hypotheſe die Erklärungen des de la Lande, des Bode, des Schröter u. a. überein. Daß ſie die wahrſcheinlichſte iſt, ſcheint auch die regelmäßige Bewegung der Flecken nach beſtimmter Richtung zu beſtätigen.

§. 410.

Die ſeit den älteſten Zeiten bekannte Anzahl von Plane-

ten (§. 267.) erhielt im Jahr 1781 die erſte Bereicherung. Denn am 13ten März dieſes Jahres entdeckte Herſchel einen neuen Planeten, welcher Uranus, damals bisweilen aber auch Coelus oder Herſchel genannt wurde. Früher hatte man dieſen Planeten für einen kleinen Fixſtern gehalten, weil ſeine Bewegung langſam iſt. In den Jahren 1787, 1790 und 1794 entdeckte Herſchel ſogar auch ſechs Trabanten ſeines Uranus.

In den erſten Jahren des neunzehnten Jahrhunderts wurden noch vier andere Planeten entdeckt, nämlich Ceres am 1ten Januar 1801 von Piazzi in Palermo, Pallas am 28ſten März 1802 von Olbers in Bremen, Juno am 1ten September 1804 von Harding in Lilienthal (jetzt in Göttingen), und Veſta am 29ſten März 1807 wieder von Olbers. Dieſe vier neueſten Planeten erſcheinen am Himmel als Sterne der fünften und ſechſten Größe. Sie laufen in dem Raume zwiſchen dem Mars und Jupiter um die Sonne, und zwar Veſta zuerſt, dann Ceres, hierauf Pallas und zuletzt Juno.

§. 411.

Schon mehrere Jahre vor der Entdeckung jener vier neueſten Planeten fand man den Zwiſchenraum zwiſchen den Bahnen des Mars und Jupiters ganz unverhältnißmäßig groß; deswegen glaubten ſchon damals einige Aſtronomen, es müſſe zwiſchen Mars und Jupiter noch ein beſonderer Hauptplanet laufen, den man wegen ſeines geringen Lichts oder wegen ſeiner geringen Größe noch nicht habe finden können. Dieſelben Aſtronomen gründeten ihre Meinung vorzüglich auf ein merkwürdiges Verhältniß, welches die damals bekannten ſieben

Hauptplaneten (Merkur, Venus, Erde, Mars, Jupiter, Saturn und Uranus) in Hinſicht ihres Abſtandes von der Sonne beobachteten. Wenn ſie nämlich die Entfernung des Saturns von der Sonne durch die Zahl 100 ausdrückten, ſo erhielt von ſolchen Theilen Merkur 4; Venus 4 und 3 (7); die Erde 4 und 2 mal 3 (10); Mars 4 und 4 mal 3 (16). Jetzt würde, nach demſelben Geſetze des Fortgangs, 4 und 8 mal 3 (28) haben folgen müſſen, wo man aber damals noch keinen Planeten fand. Hierauf kommt Jupiter wieder mit der Entfernung 4 und 16 mal 3 (52); Saturn 4 und 32 mal 3 (100); und endlich Uranus mit 4 und 64 mal 3 (196).

Jene Lücke zwiſchen Mars und Jupiter füllten nun die vier neueſten Planeten aus. Sie ſind klein und laufen in engen Kreiſen um einander herum, beſonders Ceres und Pallas. Deswegen vermuthete der berühmte Aſtronom Olbers in Bremen, daß ſie aus den Trümmern eines großen zerborſtenen Planeten entſtanden ſeyn möchten, der früher ſeine Bahn zwiſchen Mars und Jupiter hatte, und daß von ſolchen Trümmern vielleicht noch mehrere, bisher noch unentdeckte vorhanden ſeyn möchten.

§. 412.

Der berühmte Gauß in Göttingen beſtimmte kurze Zeit nach ihrer Entdeckung ihre Bahnen ſo genau, daß man ſie zu jeder Zeit am Himmel auffinden und von einander und von den Fixſternen unterſcheiden kann. Seine Methoden machte er im Jahr 1809 in einem vorzüglichen Werke (**Theoria motus coporum coelestium**) bekannt.

La Place nannte die vier neueſten Planeten teleſkopiſche Planeten, weil ſie nur durch Fernröhre ge-

ſehen werden können; Herſchel nannte ſie Aſteroiden; andere Aſtronomen nannten ſie auch wohl Planetoiden, weil ſie ſo klein ſind, weil ihre Bahnen länglichter ſind, als die der übrigen Planeten, weil ſie ſich weiter von der Ecliptik entfernen, als die übrigen, weil ſie eine eigne Atmoſphäre haben, die der Atmoſphäre der Kometen gleicht u. ſ. w. Veſta iſt beinahe 15000mal kleiner, als die Erde, Juno 172 mal; Ceres 116mal; Pallas 53mal. Die Entfernung der Veſta von der Sonne beträgt 49; der Juno $55\frac{3}{5}$, der Ceres und der Pallas $57\frac{7}{10}$ Millionen Meilen. Veſta vollendet ihren Lauf um die Sonne in 3 Jahren, 324 Tagen, 9 Stunden und 15 Minuten; Juno in 4 Jahren, 131 Tagen, 10 Stunden und 30 Minuten; Ceres in 4 Jahren, 220 Tagen, 5 Stunden und 52 Minuten; Pallas in 4 Jahren, 221 Tagen, 15 Stunden und 35 Minuten.

§. 413.

Bei den übrigen Planeten hat die neuere Sternkunde in Hinſicht der Größe, der Entfernung von der Sonne, der Umlaufszeit ꝛc. auch manches berichtigt, was ältere Aſtronomen noch nicht ſo genau angeben konnten. Daß Merkur der Sonne näher als die Venus iſt, ergab ſich ſchon aus den Bedeckungen des Merkurs durch die Venus, wie man ſie in den Jahren 1599 und 1735 beobachtete. Man fand, daß Merkur ſeinem körperlichen Raume nach gegen 22mal kleiner iſt, als unſere Erde, daß ſeine Entfernung von der Sonne 8 Millionen Meilen beträgt (während unſere Erde gegen 21 Millionen Meilen von der Sonne entfernt iſt) und daß er ſeine 50 Millionen Meilen große Bahn in 87 Tagen, 23 Stunden, 14 Minuten zurücklegt.

Mit ſehr guten Fernröhren ſahen Herſchel, Schröter u. a. Merkurs Lichtgeſtalten, die eine ſolche Beſchaffenheit haben, daß ſie wohl derjenigen unſerer Erde gleich ſeyn möchten. Seine Flecken waren ſchwerer zu bemerken, als bei andern Planeten, weil er der Sonne zu nahe iſt, und ſein Licht für uns die meiſte Zeit von dem Sonnenlichte überwältigt wird. Doch fand Schröter ſo hohe und noch höhere Berge auf ihm, als unſere Erde ſie beſitzt. Den Durchgang (eigentlich Vorübergang) des Merkurs durch die Sonne hatte man den 7ten November 1631, acht Tage vor Keplers Tode, der ihn vorher ſagte, zuerſt beobachtet. Seit dieſer Zeit hat daſſelbe Phänomen ſich noch vielemal ereignet, zuletzt den 5ten November 1822; erſt den 5ten Mai 1832 wird es ſich von neuem ereignen.

§. 414.

Die durch ſchönes glänzendes Licht ſich auszeichnende Venus, welche man von jeher auch Morgen- und Abendſtern nannte, fand man ohngefähr ſo groß, wie unſere Erde, in einer 15 Millionen Meilen großen Entfernung von der Sonne und ihre 94½ Millionen große Bahn in 224 Tagen, 16 Stunden und 41 Minuten durchlaufend. Sie gewährt dem gut bewaffneten Auge ähnliche Licht-Erſcheinungen, wie Merkur; man entdeckt dann in ihr auch ſowohl dunkle Flecken, als Berge, wovon manche wohl fünfmal höher ſind, als die höchſten Berge unſerer Erde. Dem berühmten Schröter verdankt man die meiſten und genaueſten dieſer Entdeckungen. Derſelbe vortreffliche Beobachter beſtimmte die Umdrehungszeit um ihre Axe zu 23 Stunden, 21 Minuten, nur eine Minute mehr, wie Caſſini ſie angegeben hatte.

Den Durchgang der Venus durch die Sonne hat man erſt dreimal beobachtet, nämlich in den Jahren 1639, 1761 und 1769. Erſt am 6ten December 1882 ereignet ſich dieſelbe Erſcheinung wieder.

§. 415.

Der mit röthlichtem Lichte leuchtende **Mars** iſt ohngefähr 5mal kleiner als unſere Erde gefunden worden. In einer Entfernung von beinahe 32 Millionen Meilen von der Sonne vollendet er ſeine Bahn um dieſelbe in 1 Jahre, 321 Tagen, 16 Stunden und 16 Minuten. Durch gute Fernröhre beobachteten die neuern Aſtronomen auch ſeine Lichtgeſtalten und Flecken; und aus den Bewegungen der letztern wurden ſie gewahr, daß er ſich in 24 Stunden, 39 Minuten und 21 Sekunden um ſeine Axe wälzt.

Jupiter, der größte aller Planeten, iſt ſeinem körperlichen Raume nach faſt anderthalb tauſendmal größer, als unſere Erde, iſt von der Sonne über 108 Millionen Meilen entfernt und durchläuft ſeine 680 Millionen große Bahn in 11 Jahren, 312 Tagen, 20 Stunden und 39 Minuten. Alles was bei dieſem Planeten einer genauern Beſtimmung möglich war, iſt von den neuern Aſtronomen geleiſtet worden. Da die Axen-Umwälzung dieſes großen Weltkörpers in 9 Stunden, 56 Minuten geſchieht, ſo hat er, was man mit Fernröhren deutlich ſieht, eine ſehr abgeplattete Geſtalt angenommen. Der Umlauf ſeiner vier Trabanten, die Verfinſterung derſelben u. dgl. iſt gleichfalls ſehr genau, z. B. von **la Place**, **Herſchel** u. ſ. w. beſtimmt worden. Daß die Verfinſterung der Jupiterstrabanten dem **Römer** im Jahr 1675 zur Beſtimmung der Licht-Geſchwindigkeit Veranlaſ-

ſung gab, (§. 203.) war freilich ein großes, wichtiges Ereigniß.

§. 416.

Der faſt 199 Millionen Meilen von der Sonne entfernten Saturn iſt ohngefähr 1037mal größer als unſere Erde und legt ſeine 1248 Millionen Meilen große Bahn in 29 Jahren, 154 Tagen, 13 Stunden und 16 Minuten zurück. Er iſt, vornehmlich nach Herſchels und Schröters Beobachtungen, wegen ſeiner ſchnellen Axen-Umdrehung, die er in 10 Stunden, 16 Minuten und 15 Sekunden vollendet, merklich abgeplattet. Jene beiden Männer nahmen auf ihm nicht blos die gewöhnlichen Flecken, ſondern auch eigne graue Streifen wahr, die ſie für atmoſphäriſche Erſcheinungen hielten.

Saturns Ring, welchen Galilei und Gaſſendi ums Jahr 1612 als eine bloße helle Erſcheinung wahrnahmen, welchen aber Huyghens im Jahr 1660 zuerſt als einen Ring erkannte, iſt in der neuern Zeit vornehmlich von Herſchel und Schröter ſehr ſorgfältig und genau beobachtet worden. Er erſchien zu gewiſſen Zeiten als ein ordentlicher elliptiſcher Ring, zu andern Zeiten als eine feine gerade Linie, zu noch andern als bloße mit dem Saturn verbundene Henkel; u. ſ. fort. Durch fortgeſetzte Beobachtungen mittelſt ſehr ſtark vergrößernder Fernröhre, entdeckte Herſchel ſogar, daß der Ring doppelt iſt oder aus zwei concentriſchen Ringen von ungleicher Größe und Breite beſteht; den äußerſten ſchmalſten Ring berechnete er auf 40500 geographiſche Meilen, und die Zeit ſeiner gänzlichen Umdrehung um den Saturn auf 10 Stunden und 32 Minuten. Zwiſchen dem

äußern und innern Ringe fand er einen leeren Raum, deſ-
ſen Breite $\frac{14}{214}$ des Halbmeſſers der Saturnskugel beträgt.

§. 417.

Den Schatten, den der Doppelring auf den Saturn wirft, ſahen Herſchel, Schröter und andere geſchickte Beobachter deutlich: und daraus ſchloſſen ſie, daß er, wie Saturn ſelbſt, ein dunkler undurchſichtiger Körper ſeyn müſſe. Aus ſeiner Unebenheit und ſeinen Flecken zog man zugleich den Schluß, daß er auch bedeutend hohe Berge enthält. Die Verfinſterung, welche ſein Schatten auf dem Saturn bewirkt, muß an denjenigen Stellen, wo er hinfällt, viele Jahre lang dauern.

Aber was hat es ſonſt wohl für eine Bewandniß mit dem merkwürdigen Doppelringe? und wie iſt er entſtanden? Das können wir freilich, wie ſo vieles andere, nicht mit Gewißheit angeben. La Place vermuthete, er beſtehe aus Zonen oder Streifen, welche die Atmoſphäre des Saturns in verdichteter Geſtalt, vermöge des Schwunges abgeſetzt habe. Der Königsberger Philoſoph Kant meinte, der Saturn mit ſeinem Ringe wäre aus einem Kometen entſtanden, der ſich um ſeine Axe drehte; und bei dieſer Umwälzung habe ſich der Schweif des Kometen in den Ring verwandelt. Wahrſcheinlicher iſt aber wohl die Erklärung mehrerer Aſtronomen, daß ſich von dem Saturn, als er noch flüſſig war, und von dem Schöpfer in Umſchwung geſetzt wurde, gewiſſe leichtere Materien abſonderten und erhärteten, ohne daß ihr Schwung ſelbſt dadurch vernichtet wurde.

§. 418.

Nachdem Huyghens im Jahr 1655 einen, Caſ-

ſini in den Jahren 1671 bis 1684 vier Saturns-Trabanten entdeckt hatte, ſo entdeckte Herſchel mit ſeinem Rieſenteleſkope im Jahr 1789 noch zwei neue, und zwar gerade die, welche ſich zunächſt um den Saturn bewegen. So hat alſo dieſer Planet nun ſieben Begleiter, deren Größe, Abſtand von einander und von dem Saturn, und Bewegungen ſich viel ſchwerer, als bei den Jupiterstrabanten beſtimmen ließen. Doch iſt auch darin von den neuern Aſtronomen ſehr viel geſchehen. Abſtand und Umlaufszeit iſt von allen ſieben möglichſt genau in Erfahrung gebracht worden; die Größe aber nur von dem dritten bis ſiebenten.

Verfinſterungen der Saturnstrabanten hat man gleichfalls wahrgenommen. Bei einigen von ihnen war dieſe Beobachtung mit vielen Schwierigkeiten verknüpft.

§. 419.

Uranus, der entfernteſte aller bekannten Planeten, den man nur mit guten Fernröhren ſieht, iſt ohngefähr 90mal größer, als unſere Erde gefunden worden. Seine Entfernung von der Sonne beträgt faſt 400 Millionen Meilen und ſeine 2500 Millionen Meilen große Bahn legt er in 83 Jahren, 274 Tagen, 8 Stunden und 38 Minuten zurück.

In den Jahren 1787, 1790 und 1794 entdeckte Herſchel mit ſeinem vierzigfüßigen Teleſkope ſechs Uranus-Trabanten, und vor wenigen Jahren noch zwei, ſo, daß man alſo jetzt acht Begleiter des Uranus kennt. Wer weiß, ob er nicht noch mehr hat; denn nach einer ſehr weiſen Anordnung Gottes ſcheint mit der Entfernung der Trabanten von der Sonne ihre Zahl zuzunehmen. Nach Herſchels Verſicherung gehört ſchon die Beobachtung der ſechs erſten

Uranustrabanten zu den allerfeinſten Gegenſtänden der Aſtronomie. Und doch iſt es ihm geglückt, ihre Abſtände und ihre Umlaufszeiten möglichſt genau zu berechnen.

Herſchel nahm auch eine eigne ſonderbare vierblättrige Geſtalt an dem Uranus ſelbſt wahr; und daraus glaubte er wohl ſchließen zu dürfen, daß dieſer Planet gleichfalls von ein Paar Ringen, und zwar ſo umgeben ſeyn möchte, daß ſie ſich, wie die Ringe einer Armillarſphäre, durchkreuzen.

§. 420.

Durch genauere und ſorgfältigere Beobachtungen des geſtirnten Himmels wurde es den neuern und neueſten Aſtronomen möglich, beſſere und reichhaltigere Sternen-Verzeichniſſe, Sterncharten oder Himmelsatlaſſe zu verfertigen, wie wir ſie dem Bradley, Oriani, Pond, Brinkley, Beſſel, Piazzi, Bode, und Harding verdanken. Vollkommnere Sternenverzeichniſſe dienten nicht blos als beſſere Hülfsmittel zur Kenntniſſe der Geſtirne, ſondern hatten auch einen wichtigen Einfluß auf vollkommnere Berechnungen der bei Planeten vorkommenden Erſcheinungen, beſonders zur Hervorbringung möglichſt genauer Planetentafeln. Dazu trugen auch die in der neueſten Zeit in ſo vorzüglichem Grade verfertigten aſtronomiſchen Werkzeuge bei, ſowie die verbeſſerten Theorien, namentlich die la Placeſche, über die gegenſeitigen Störungen der Himmelskörper.

§. 421.

So bearbeitete Bouvard in Frankreich auf jenem beſſern Wege die Jupiters- und Saturnstafeln. In Deutſchland nahm ſeit mehreren Jahren von Lindau auf der Sternwarte Seeberg bei Gotha dieſelbe Arbeit mit den übrigen Pla-

neten vor; im Jahr 1810 kamen die Venustafeln, und etwas ſpäter die Marstafeln und Merkurstafeln zum Vorſchein.

Erſt ſeit dem Anfange des neunzehnten Jahrhunderts war man viel ernſtlicher, wie vorher, darauf bedacht, die nicht unbeträchtlichen Störungen des Mars genauer zu unterſuchen, um möglichſt vollkommene Marstafeln liefern zu können. Beſonders gaben ſich Burckhardt, Oriani, Schubert und Wurm viele Mühe, durch ſorgfältige mühevolle Berechnungen nach verſchiedenen Methoden, zu erwünſchten Reſultaten zu gelangen. Auf dieſe Art lieferte der treffliche würtembergiſche Aſtronom Wurm ſchon im Jahr 1800 (in von Zachs monatlicher Correſpondenz) eine ſehr gute Zuſammenſtellung jener Berechnungen. Mit noch größerer Vollſtändigkeit erhielten wir nicht lange darauf ſolche Zuſammenſtellungen, ſowie auch von den übrigen ältern Planeten, durch la Place (in ſeiner Mechanik des Himmels). Vor Lindenau, der von des la Place Berechnungen über die Störungen Gebrauch machte, lieferte der Franzoſe le François im Jahr 1801, der Italiener Oriani ebenfalls im Jahr 1801, der Portugieſe Monteiro da Rocha 1802 und der Deutſche Triesnecker 1805 neue Marstafeln.

§. 422.

Daß der Merkur ehedem den Aſtronomen viel zu ſchaffen machte, und daß man ſeine Theorie erſt in neuerer Zeit möglichſt berichtigen konnte, wiſſen wir ſchon. Selbſt noch vor 40 Jahren waren die Merkurs-Beobachtungen ziemlich ſelten, und ſind es auch jetzt noch einigermaßen, in Vergleich gegen die Beobachtungen der übrigen Planeten.

La Lande hatte Merkurstafeln berechnet, und man war begierig, wie ſie ſich bei dem Durchgange des Merkurs durch die Sonne im Jahre 1786 zeigen würden. Als die Erſcheinung erfolgte, da ſah man, wie jene Tafeln faſt noch um eine Stunde von der Wahrheit abwichen. Im Jahr 1792 berichtigte der berühmte franzöſiſche Aſtronom ſeine Tafeln. Oriani that daſſelbe im Jahr 1798 und Triesnecker im Jahr 1806.

Die la Landeſchen und Triesneckerſchen Marstafeln enthalten keine Störungsgleichungen. Aber Oriani hatte dieſe ſchon im Jahr 1796 für die Mayländer Ephemeriden berechnet. La Place brachte noch vollſtändigere zum Vorſchein. Wurm und von Lindenau bearbeiteten mit Ehren denſelben Gegenſtand, ſowie in den allerneueſten Zeiten Bernard Nicolai. — Die ſeit dem Jahr 1820 von Schumacher in Altona erſchienenen aſtronomiſchen Hülfstafeln ſind trefflich und ſehr nutzbar.

§. 423.

Die Berechnungen der Sonnenfinſterniſſe, der Fixſtern- und Planeten-Bedeckungen, und der Durchgänge der Planeten durch die Sonne ſind in den neueſten Zeiten überhaupt nach verſchiedenen Methoden mit mehr Vortheil und mit beſonderer Genauigkeit angeſtellt worden, vornehmlich weil man mit der rein analytiſchen Methode die Darſtellung nach einer orthographiſchen Projection verband. Dieſe Rechnungsart konnte hauptſächlich mit Vortheil benutzt werden, wenn man die künftigen Erſcheinungen der erwähnten Phänomene voraus beſtimmen wollte.

Das Verfahren des du Sejour war wegen der langen

verwickelten Rechnungen, worauf es führte, zu unbequem. Einen einfachern und kürzern Weg ſchlugen in der Folge Chabrot, Monteiro und Goudin ein. Ihr Verfahren machte de Lambre ausführlich (in der Conoissance des tems) bekannt. Beſonders praktiſch war die Methode des Schmidt in Leipzig, und des Gerling in Marburg, Sonnenfinſterniſſe und Sternbedeckungen nach einer orthographiſchen Projection zu berechnen.

§. 424.

Die bei der aſtronomiſchen Refraction erforderlichen Berechnungen, welche ſchon Bradley berichtigt hatte, wurden in der Folge von Simpſon, la Place, Piazzi und andern noch genauer geführt. Von Bohnenberger hat ſie (in ſeiner trefflichen Aſtronomie vom Jahr 1811) mit vorzüglicher Klarheit erläutert.

Bradley hatte im Jahr 1725 die Entdeckung gemacht, daß jeder Fixſtern jährlich eine kleine Ellipſe zu beſchreiben ſcheint, deren große Axe von Oſten nach Weſten 40 Sekunden beträgt. Man gab dieſer Erſcheinung den Namen Abirrung des Lichts oder Aberration der Fixſterne. Daran iſt die jährliche Bewegung der Erde um die Sonne und die Bewegung des Lichts Schuld. Wenn nämlich die Erde ruhte, und wir ſähen irgend einen Fixſtern ſtets von einem und demſelben Orte aus, ſo würden wir ihn auch immer an einem und demſelben Punkte des Himmels erblicken. Wenn ſich aber die Erde jährlich um die Sonne von Oſten nach Weſten bewegt, ſo muß jene ſcheinbare Bewegung des Fixſterns erfolgen, ſobald wir die Bewegung des Lichts, (welches den Weg von der Sonne zur Erde in 8 Minuten und

13 Sekunden zurücklegt) mit in Anſchlag bringen. Das Alles iſt von den neueſten Aſtronomen ſehr klar und deutlich gemacht worden.

§. 425.

Eine von Herſchel zuerſt aufgeſtellte ſehr intereſſante Hypotheſe über die ſogenannten Doppelſterne iſt von den meiſten Aſtronomen unſerer Zeit mit vielen Beifall aufgenommen worden. Unzählige Fixſterne ſtehen in unendlich verſchiedener Entfernung hinter einander; und da kann die Richtung mancher ſolcher Sterne gegen unſer Auge leicht ſo ſeyn, daß wir einen Doppelſtern zu ſehen glauben. Herſchel und Beſſel haben aber auch beobachtet, daß Doppelſterne (oder Gruppen von Sternen) ſich um einander herumbewegen, wie die Planeten in unſerem Sonnenſyſtem ſich um die Sonne drehen; und hieraus glaubte man den Schluß ziehen zu dürfen: die Doppelſterne ſind Syſteme von Sonnen, die ſich um einander herumbewegen.

Herſchel hat mit ſeinen vortrefflichen Fernröhren ſehr viele zuſammengeordnete Sternhaufen entdeckt, die aus ungeheuer vielen Sternen beſtehen. Solche Haufen bilden gleichſam ganze Sternenheere, die viele tauſend Billionen Meilen von einander entfernt ſeyn dürften. Jeder Stern macht eine Welt; alſo giebt es unzählig viele Welten in dem unendlichen Himmelsraume. Was kann wohl mehr Gottes unendliche Macht und Größe beweiſen, als der mit den unzählig vielen Welten beſäete Himmelsraum, wozu Gott wahrſcheinlich noch immer neue ſchafft, während manche ältere aus irgend einer weiſen Abſicht zertrümmert werden!

§. 426.

Bis zu den neueſten Zeiten haben die Sternkundigen über hundert Kometen aſtronomiſch beobachtet und ihre Bahn berechnet. Manche erſcheinen uns ſehr klein und ſind nicht lange ſichtbar; andere erſcheinen uns ſehr groß, ſind lange ſichtbar und beſchreiben ſehr große Bögen am Himmel. So durchlief der Komet vom Jahr 1769 einen Bogen von 240 Graden am Himmel. So durchlief der Komet vom Jahr 1760 in einem Tage 41½ Grad. Es gab aber noch ſchnellere Kometen. Indeſſen dauerte die Schnelligkeit der Kometen nur ſo lange, als ſie der Erde nahe waren; nachher verminderte ſie ſich.

Der Komet von 1769 kam der Sonne achtmal näher als die Erde. Und doch brachte er weder im Laufe der Erde, noch im Laufe des nahen Merkurs eine merkliche Störung zuwege. Man ſchloß hieraus, die Kometen müßten ſehr lockere, mit ſehr geringer Schwerkraft begabte Himmelskörper ſeyn. Die bisherigen Kometen-Beobachtungen zeigten, daß die meiſten Kometen zwiſchen der Sonne und der Erdbahn, beſonders aber zwiſchen dem Merkur und der Venus hindurchlaufen. Je näher die Kometen der Sonne kamen, deſto größer erſchien immer ſowohl ihr Kopf, als ihr Schweif.

§. 427.

Vorzüglich lange Schweife hatten die Kometen von den Jahren 1456, 1460, 1618, 1680, 1744, 1769 und 1811. So lange Schweife erregten in den früheren Jahrhunderten Angſt und Schrecken. Mancher Kometenſchweif nahm, der Länge nach, über ein Drittel, ja über die Hälfte eines größten Kreiſes am Himmel ein. Die Länge des Schweifs an

dem Kometen von 1744 berechneten die Aſtronomen auf ſieben Millionen Meilen, und desjenigen von 1769 auf 20 Millionen Meilen.

Gewöhnlich hat der Kopf des Kometen in der Mitte eine dichtere Maſſe, welche man den Kern nennt. An dem Kometen von 1744 machte man die merkwürdige Beobachtung, daß der Kern nach und nach in eine dünnere Materie, eine Art Dunſt aufgelößt wurde, der ſich in den Schweif hineinzog. Daraus ſchloß man wieder nicht mit Unrecht auf eine lockere Maſſe des Kometen. In dem Kometen von 1788 konnte Herſchel gar keinen Kern erkennen. Das Verſchwinden des Kerns aber, oder ſeine Verwandlung in Dunſt ſah man gewöhnlich dann, wenn der Komet von der Sonne zurück kam.

§. 428.

Dörfel hatte, wie wir ſchon wiſſen, bewieſen, daß die Bahn, wenigſtens des von ihm beobachteten Theils, des großen Kometen vom Jahr 1680 eine Parabel ſey, in deren Brennpunkt die Sonne liege. Newton ſtimmte ihm hierin bei. Als man aber aus dem allgemeinen Geſetze der Gravitation gefolgert hatte, daß die Kometenbahnen eigentlich Ellipſen, wie die Planetenbahnen, nur viel mehr in die Länge gezogen, ſeyn müßten, wenn die Kometen ſollten zurückkehren können, ſo ſetzte man die Sonne in den Brennpunkt einer ſolchen Bahn und erleichterte ſich dadurch die Erklärung ſeiner Wiederkunft. Indeſſen lehrte die höhere Geometrie, daß auch die Parabel als eine Ellipſe betrachtet werden kann, deren große Axe unendlich groß iſt. Und darnach haben Halley, Olbers, Gauß, Beſſel und andere berühmte Aſtronomen die Bahn von mehreren Kometen berechnet.

Digitized by Google

§. 429.

Die Frage: aus was für einer Materie beſteht wohl der Komet? iſt bei den neuern Aſtronomen und Naturforſchern ſehr oft und angelegentlich zur Sprache gekommen. Lichtenberg vermuthete, die Kometen möchten wohl nur eine Art Nebel ſeyn, nachdem der Franzoſe Mairan ſie früher für Theile der Sonnen = Atmoſphäre gehalten hatte. Auch Wünſch meinte, daß ſie wohl ihren Urſprung aus der Sonne genommen haben könnten und daß ſie eine Art ſelbſtleuchtender phosphoriſcher Dämpfe ſeyn möchten, die als Sonnen-Meteore in demjenigen Himmelsraume, worin das Sonnenſyſtem ſich befindet, herumgetrieben würden. Sie verlören bei ihrem Herumwandern, meint er ferner, nach und nach immer mehr Theile und würden wahrſcheinlich allmälig ganz zerſtreut und zerſtört. Bode hielt ſie für Weltkörper, die in eine eigne Lichtmaterie eingehüllt wären. Bei der Annäherung an die Sonne riſſen ſich gewiſſe Theile von den Kometen los, die den Schweif bildeten. Für brennende Körper, die Rauch und Dampf verbreiten, hält kein Sternkundiger ſie mehr.

§. 430.

Für ſehr wichtig betrachtete man aber auch die Frage: ob es wohl möglich ſey, daß einmal ein Komet an die Erde anſtoßen und ſie zerſtören könnte? Die Aſtronomen fanden, daß von den ſeit vielen Jahrhunderten erſchienenen Kometen kein einziger je an die Erde ſtoßen oder ſo nahe daran vorbei ſtreichen wird, daß dadurch Unglück auf der Erde entſteht. Nach des berühmten Lalande's Berechnung können einmal ſieben bis acht Kometen der Erde ſehr nahe kommen. Wenn dieſe aber gewaltſame Erderſchütterungen oder Erdzerſtörungen zuwege bringen ſollten, ſo müßte einer der Knoten

des Kometen (oder der Durchſchnittspunkte der Bahn mit der Ecliptik) genau im Umfange der Erdbahn liegen und zugleich müßte in demſelben Augenblicke, wo der Komet in dieſem Knoten wäre, auch die Erde auf ihrer Bahn daſelbſt ankommen. Aber wie unwahrſcheinlich iſt in dem ungeheuren Himmelsraume das Zuſammentreffen dieſer Umſtände in demſelben Augenblicke! Möglich wäre es freilich, daß ein noch nie geſehener Komet auf einmal ankäme und an die Erde rennte; aber außerordentlich wäre dann das Zuſammentreffen ſo mancher Umſtände. Aus einer Reihe von Berechnungen über Kometen, die der berühmte Aſtronom Olbers in Bremen vor einigen Jahren der königlichen Geſellſchaft der Wiſſenſchaften zu London überſchickte, ergiebt ſich, daß nach 8800 Jahren ein Komet ſo nahe an die Erde kommen wird, als jetzt der Mond von ihr entfernt iſt, daß in 4 Millionen Jahren ein anderer erſcheinen muß, der kaum 3 bis 4 Meilen von der Erde entfernt ſeyn wird, daß aber auch endlich in 120 Millionen Jahren ein dritter unmittelbar mit der Erde zuſammenſtoßen wird. Ueber dieſe Vorausſagung brauchen wir uns Gott Lob! nicht zu beunruhigen!

Und dann iſt ja auch die Frage immer noch die: aus was für Materien die Kometen beſtehen? ob ſie auch eine ſolche Dichtigkeit beſitzen, daß ihr Anrennen an die Erde dieſer ſo bedeutend ſchaden könnte? oder ob ſich der Komet nicht vielleicht blos ſelbſt zerſtören, in der Erd-Atmoſphäre als ein dünner Dunſt ſich auflöſen werde? u. dgl. — Wie groß auch die Fortſchritte ſeyn mögen, welche die Menſchen bis auf den heutigen Tag in der Aſtronomie gethan haben und wie ſchöne Erfolge auch daraus für das Menſchengeſchlecht hervorgegan-

gen ſind, ſo müſſen wir doch immer noch bekennen: „unſer Wiſſen iſt Stückwerk und unſer Weiſſagen iſt auch Stückwerk!

§. 431.

Sehr reich und ausgebreitet waren in der neuern und neueſten Zeit auch die ſchriftlichen Belehrungen über die Sternkunde, welche wir von den ausgezeichnetſten Aſtronomen erhielten. Was haben nicht ſchon allein Bode, Herſchel und Schröter durch ihre trefflichen und klaren aſtronomiſchen Werke geleiſtet! Wie unermüdet ſetzte nicht ſchon allein der fleißige Bode die aſtronomiſchen Jahrbücher ſeit dem Jahre 1776 bis an ſeinen vor ei- Paar Jahren erfolgten Tod fort! Welchen Nutzen ſtifteten nicht von Zach durch ſeine monatliche Correſpondenz zur Beförderung der Sternkunde; Hell, Triesnecker und Bürg durch ihre aſtronomiſchen Ephemeriden! Und welche treffliche aſtronomiſche Werke, theils von größerm, theils von geringerm Umfange, lieferten nicht die gelehrten Sternkundigen Schulze, Pasquich, la Place, Rösler, Rüdiger, Wurm, Bugge, Beſſel, von Lindenau, von Bohnenberger, Schumacher, Harding, Gauß, Brandes u. a. Um die populäre Aſtronomie, die jedem Gebildeten verſtändlich ſeyn ſollte, machten ſich vornehmlich Bode, Schulz, Schubert, Gelbke, Brandes, Littrow, Brückner u. a. ſehr verdient. Und ſo iſt nicht leicht ein Zweig dieſer herrlichen Wiſſenſchaft unbebaut geblieben, ſo weit die Kräfte des menſchlichen Geiſtes es vermochten. In welcher Größe aber der menſchliche Geiſt ſich bei der Sternkunde zeigte, hat die Geſchichte dieſer Wiſſenſchaft wohl hinlänglich dargethan!

Dritte Abtheilung.

Die Litteratur der Mathematik.

Dritte Abtheilung.

Litteratur der Mathematik.

I.

Allgemeine mathematiſche Werke, und Schriften über Arithmetik, Algebra und höhere Analyſis.

Jac. Fabri, Stapulensis, Compendium arithmetices Böetii. 1480. Fol.

Euclidis Elementa, latine; cum comment. **Campani**, per Leonardum de Basilea et Gulielmum de Papia socios. 1491. Vol.

L. Burgo di San Sepolcro, Summa del aritmetica, geometria, proportioni e proportionalita. Venet. 1494. Fol.

Balthas. Licht, Algorithmus linealis cum pulchris conditionibus Regle detri. 1513. 8.

C. Tonstall, de arte suppotandi. Lond. 1522. 4.

Adam Riſe, Rechnung auf der Linie und Feder. Erfurt 1522. 4. Verbeſſert von **E. Helm**. Frankf. 1544. 8. — **Iſaac Riſe**, neues nutzbares Rechenbuch. Leipz. 1580. 4. — **Jacob Riſe**, Rechenbuch. Leipz. 1580. 4.

Chriſtoph Rudolph, die Coß. 1524. und Nürnberg 1561. 4. Mit ſchönen Exempeln gebeſſert und vermehrt durch **Mich. Stifel**. Königsberg 1551 und 1553. 8.

Peter Apians, neue und wohlgegründete Unterweiſung aller Kaufmannsrechnungen, in 3 Büchern. Frankf. 1527. 8.

J. Willichii, Reselliani, Arithmeticae libri tres. Strasb. 1540. 8.

Hans von der Wehn, Exempel Rechenſchaft der Re-

gel de Tri, die man nennt die Kaufmanns oder güldene Regel, ganz und gebrochen. 1542. 8.

H. J. Köbel, Rechenbuch auf Linien und Zifern. Frankf. 1544. 8.

Mich. Stifelii, Arithmetica integra. Norib. 1544. 4.

Jo. Scheubelius, de numeris et diversis rationibus seu regulis computationum opusculum. Lips. 1545. 8.

Hieron. Cardani, ars magna, quam vulgo Cossam vocant. Basil. 1545. Fol.

Chriſtoph Rudolff, künſtliche Rechnung mit Ziffern und Zahlpfennigen. 1546. 8.

Gemmae Frisii, Arithmeticae practicae methodus facilis. Witeb. 1548. 8.

Jo. Schoneri, Opera mathematica. Norib. 1551. Fol.

Jo. Scheubel, Algebrae compendiosa facilisque descriptio. Paris 1551.

Joh. Albert, Rechenbüchlein auf der Linie und Feder. Wittenberg 1553. 8. (Die erſte Aufl. von 1541.)

Euclidis elementa, graece et lat. Paris. 1554. 4.

Nicomachi, arithmeticae libri duo; explic. per Joach. Camerarium. Aug. Vindel. 1554. 8.

Petr. Rami, arithmeticae libri tres. Paris 1555. 4. Auch Bas. 1569. und Lips. 1580. 4. — Und deſſen Schola mathematica. Francof. 1559 und 1599. 4.

Casp. Peuceri, Logistice Regulae arithmeticae quam Cossam et Algebram quadratam vocant. Witeb. 1556. 8.

Jo. Sthen, Luneb. Arithmetices Euclideae Liber primus, alias in ordine reliquorum septimus. Witeb. 1564. 8.

Conr. Dasypodii, Institutionum mathematicarum Vol. I, II, Argentor. 1567. 8.

Hier. Cardani, Opus novum, de proportionibus numerorum etc. Basil. 1570. Fol.

Die Cos Chriſtoph Rudolphs mit ſchönen Exempeln der Cos, durch Mich. Stifel gebeſſert und ſehr gemehrt. 1571. 4.

Diophanti Alexandrini, rerum arithmeticarum libri sex; a Guil. Xylandro. Basil. 1575. Fol.

Franc. Maurolyci, opuscula mathematica. Venet. 1575. 4.

L'Arithmetique de Nicol. Tartaglia. Paris. 1578. — Vorher war ſchon erſchienen deſſen Arithmetica practica; 2 Partes. Venet 1556.

Joh. Otthen's Calculator, ein neues liebliches und nützliches Rechenbüchlein rc. Leipz. 1579. 4.

Christoph. Clavii, Bamberg. Arithmetica practica. Rom. 1583. Fol. — Auch in deſſen Oper. mathem. Tom. V. Mogunt. 1612. Fol.

Petr. Rami, arithmetica et algebra. Francof. 1586. 8.

Jo. Piscator, Neapol. Arithmeticae compendium. Lips. 1588. 8.

Andr. Helmreich, Rechenbuch. Leipz. 1595. 4.

Chriſtoph Wildvogel, neu künſtliches Rechenbuch auf der Linie und Feder. 1608. 8.

Christ. Clavii, Algebra. Rom. 1608. 8.

Ant. Neudörffer, Arithmetica practica oder nützliche und ſinnreiche Aufgaben in der Rechenkunſt. Nürnberg 1613. Die 7te Aufl. 1666. 8.

Joh. Faulhaber, arithmetiſcher Wegweiſer. Ulm 1614. Die ſiebente Aufl. 1708. 8.

Jo. Neperi, mirifici logarithmorum canonis descriptio. Edinb. 1614. 4. Auch 1619 u. ſ. f.

Erh. Weigelii, Tetractys summum arithmeticae compendium. Jen. 1622. 4.

Henr. Briggii, Arithmetica logarithmica. Lond.

1624. 4. Schon 1616 wurde deſſen erſtes Tauſend Logarithmen durch **Eduard Wright** in engliſcher Sprache herausgegeben; und 1628 gab obige Arithmetica **Adrian Vlacq** von Neuem heraus.

Edm. Wingate, Arithmetique logarithmique, ou la construction et usage des Tables logarithmiques. Goudc 1628. 8.

A. Girard, invention nouv. en l'algèbre. Amstel. 1629. 4.

Ghetaldus Marinus, de resolutione et compositione mathematica. Libri V. Rom. 1630. Fol.

Joh. Faulhaber, Academia algebrae, darinnen die Inventionen zu den höchſten Coſſen weiters continuirt werden. Augsburg 1631. 4.

Th. Harriot, artis analyticae praxis etc. Lond. 1631. Fol.

Adriani Vlacqii, Trigonometria artificialis. Goudae 1633. Fol.

Simon Stevin, oeuvres mathematiques augm. par A. **Girard**. Leyde 1634. Fol. Auch Paris 1637. Fol.

Gebh. Overheyden, kurze und leichteſte Unterweiſung in der Rechenkunſt. Hamburg 1638. Die neueſte Aufl. 1700. 8.

Petr. Herigoni, cursus mathematicus nova methodus etc. Paris 1644. 8. VI Partes.

Franc. Vietae, opera, ed. a **Fr. a Schoten**. Lugd. Bat. 1646. Fol.

Franc. Tert. de Lanis, magisterium naturae et artis. II Tom. Brix. 1648. Fol.

Andr. Reyher, Arithmetica, oder Rechenbüchlein ꝛc. Gotha 1653. 8. Die 17te Aufl. 1714. 8.

Guil. Oughtred, clavis mathem. Oxon. 1653. 4. ed. quinta 1693. 8.

Gal. Galilei, opere. III Tom. Bologna 1655. 4. Auch: **Galilei** opera omnia. II Tom. Bonon. 1656. 4.

Tob. Beutel, neu vermehrtes Handbüchlein der Rechenkunſt. Leipzig 1658. 12. Die 9te Aufl. 1721. 12.

Phil. Lansbergii, opera omnia mathematica. II Tom. Middelb. 1663. Fol..

Hier. Cardani, opera omnia, cura C. Sponii, X Tom. Lugd. 1663. Fol.

J. Hemeling, ſelbſtlehrende Rechenſchule. Hannover 1665. 8. Neueſte Aufl. 1705.

Jo. Wallisii opera mathematica. Tom. I. Oxon. 1665. Fol. Tom. II. 1693. Tom. III. 1699.

Renati Cartesii, ars analytica mathematum. III Partes. Florent. 1665. Fol. — Deſſen Opera omnia IX Partes. Amstel. 1644 et 1662—1701. 4.

Tycho de Brahe, opera mathematica. II Tom. Aug. Vindel. 1666. Fol.

Lor. Biermann, neue arithmetiſche Schatzkammer. Nürnberg 1666. 4.

Thom. Hobbes, opera, quae de mathesi etc. fecit. Amstel. 1668. 4.

Andr. Tacquet, opera mathematica. Antw. 1669. Fol. Nouv. ed. 1707. Fol.

Casp. Schotti, organon mathematicum. Norib. 1669. 4. Auch Wirzeb. 1688. 4. — Deſſen Cursus mathematicus. Herbipol. 1661. Fol.; und Francof. 1674. — Deſſen Magia universalis naturae et artis. IV Vol. Francof. 1657 et Bamberg 1677. 4.

Anathas. Kircheri, organon mathematicum a Casp. Schotto descriptum. Norib. 1670. 4.

Jerem. Horoccii, opera posthuma. Lond. 1672. 4.

C. F. M. Dechales, mundus mathematicus. III Tom. Lugd. 1674. Fol. Auch 1690.

Is. Barrow, opera omnia. Lond. 1675. Fol.

Daniel Schwenter, Deliciae physico-mathematicae, oder mathematiſche Erquickſtunden. Nürnb. 1636. 4.; fortgeſetzt von G. Ph. Harsdörffer. Nürnb. 1677. 4.

Petr. Fermati, varia opera mathematica. Totos. 1679. Fol.

G. Clarck, Oughtredus explicatus, sive commentarius in ejus clavem. mathem. Lond. 1682. 8.

Jo. Wallisii, tractatus historicus et practicus de Algebra. Oxon. 1685. Fol.

J. Ludolffi, Tetragonometria tabularia etc. Lips. 1690. 4.

Nic. Ozanam, Cours de Mathematiques. VII Vol. Paris 1693. 8. — Deſſen Recreations mathematiques. II Vol. Paris 1696. 8. Neueſte Aufl. 1778. 8.

De la Hire et Thevenot, Mémoires de Mathematique et de Physique. Paris 1694. 4.

de l'Hopital Analyse des infinement petits. Paris 1696 et Paris 1715. 4. Ein Commentar dazu Avignon 1768. 8. Iſt von Stone 1730 ins Engl. überſetzt; und 1764 und 1790 zu Wien Lateiniſch herausgekommen, unter dem Titel: Calculus infinitesimalis.

Ozanam, nouveaux elemens d'Algebre. Paris 1702. 8. et Amstel. 1703. 8.

Christ. Hugenii, opuscula posthuma mathematica. Lugd. Bat. 1703. 4. — Ejusd. opera varia mathematica et astronomica; ed. G. J. s'Gravesande. IV Tom. Lugd. Bat. 1724. 4. — Ejusd. opera reliqua. II Tom. Amstel. 1728. 4.

C. Hayes, a treatise of fluxions. Lond. 1704. Fol.

Chr. Peſchek, Vorhof der Rechenkunſt. 11 Bände. Görlitz und Budiſſin 1708 — 1768. 8. — Unter mehreren andern Titeln, z. B. Welſche Praktik, Arithmetiſcher Hauptſchlüſſel, Getreuer und gründlicher Rechenmeiſter ꝛc. ſind von demſelben noch mehr Rechenbücher herausgekommen.

Guido Grandi, de infinitis infinitorum et infinite parvorum ordinibus. Pis. 1710. 4.

Is. Newton, Analysis per aequationes numero terminorum infinitas. London 1711. 4.

Jac. Bernoulli, ars conjectandi. Bas. 1713. 4.

B. Taylor, methodus incrementorum directa et inversa. Lond. 1715. 4.

J. Craig, de calculo fluentium. Lond. 1718. 4.

J. Kepleri, epistolae mathem. insertis responsionibus. Lips. 1721. Fol.

Dan. Bernoulli, Jo. Tilii exercitationes quaedam mathem. Venet. 1724. 4.

P. Varignon, eclaircissement sur l'analyse des infinement petits du Marquis de l'Hopital. Paris 1725. 4.

John Clark, an institution of fluxions. Lond. 1726. 8.

Jac. Stirling, methodus differentialis etc. London 1730. 4.

Picard, oeuvres de Mathematique. Amst. 1736. 4.

Chr. von Clausberg, demonſtrative Rechenkunſt. Leipzig 1731. 8. Iſt in der Folge mehrmals aufgelegt worden. 5te Aufl. Leipzig 1795. 8.

Joh. Mich. Poetius, gründliche Anleitung zur arithmetiſchen Wiſſenſchaft. Halle 1738. 8.

J. J. Schübler, die in einem Rechnungslexikon ſich ſelbſtlehrende Rechenkunſt. Nürnberg 1739. 4.

Deidier, le calcul différentiel et le calcul integral. Paris 1740. 4.

Petr. Horrebow, opera mathematico-physica. III Tom. Havn. 1740. 4.

De Mariotte, oeuvres mathematiques et physiques. Leyde 1717. 4. und Haye 1740. 4.

Nic. Saunderson, the elements of Algebra in ten books. II Vol. Cambr. 1740. 4. — Ins Deutſche überſetzt von J. Ph. Grüſon. Halle 1798 und 1805. 8.

Chr. Wolff, elementa matheseos universae. V Tom. Halae 1740—1741. — Deſſen Anfangsgründe al-

ler mathematiſchen Wiſſenſchaften. 4 Theile. Halle 1710. 8. Sechſte Aufl. 1743. 8.

Jo. Bernoulli, opera omnia. IV Tom. Lausanne et Genev. 1742. 4.

Jac. Bernoulli, Opera. II Tom. Geneve 1744. 4.

Chr. Peſchek, angehender Algebraiſt. Zittau 1744. 8.

Max. Hell, elementa algebrae Jo. Crivellini magis illustrata et aucta. Vindob. 1745. 8.

D. A. Cruſius, Anweiſung zur Rechenkunſt. 3 Theile. Halle 1746—1749. 8.

Clairaut, élémens d'Algebre. Paris 1746. 8. Dritte Aufl. 1753. 8.

Is. Newtoni, opuscula mathematica et philosophica; cura Jo. Castellionis. III Vol. Genev. 1744. 4 — Ejusd. opera quae extant omnia, commentariis illustrata, studio Sam. Hornsley. V Tom. Lond. 1779—1785. 4. — Deſſen the method of fluxions, translated from the latin by Colson. Lond. 1736. 4. Auch Franzöſiſch von Büffon. Paris 1740. 4.

Leonh. Euler, opuscula varii argumenti. III Tom. Berol. 1746—1751. 4. — Ejusd. introductio in analysin infinitorum. II Vol. Lausannae 1748. 4. — Ejusd. institutiones calculi differentialis. II Vol. Petrop 1755. — Ejusd. institutiones calculi integralis. III Tom. Petrop. 1768 — 1770. 4. Editio altera auct. IV Tom. Petrop. 1792. 4. — Ejusd. opuscula analytica. II Tom. Petrop. 1785. 4.

Camus, Cours de mathematiques. III Vol. Paris 1750. 8.

J. G. G. Hübſch, Arithmetica portensis, oder Anfangsgründe der Rechenkunſt. Leipzig 1750. 8.

J. B. Wiedeburg, Anweiſung zu der allgemeinen und Buchſtabenrechnung ꝛc. Jena 1750. 8.

K. F. de Rees, allgemeine Regel der Rechenkunſt. 3te Aufl. Göttingen 1751. 8. 6te Aufl. 1786. 8.

Mac Laurin, traité d'Algèbre, traduit de l'Anglois. Paris 1752. 4.

F. U. T. Aepini, demonstrationes primariarum quarundam aequationibus algebr. competentium proprietatum. Rostoc. 1752. 4.

Clairauts Anfangsgründe der Algebra; a. d. Franz. von L. Mylius. Berlin 1752. 8. Zweite Aufl. mit Zuſätzen von Tempelhoff. Berlin 1778. 8.

R. J. Boscowich, elementa matheseos universae. III Vol. Romae 1754. 4. et Venet. 1758. 4. — Ejusd. Opera ad opticam et astronomiam pertinentia. V Vol. Aug. Vind. 1786. 4.

J. A. a Segner, cursus mathematicus. V Partes. Halae 1756. 8. — Ejusd. elementa analysios infinitorum. II Partes. Halae 1761. 8. — Ejusd. elementa calculi integralis. II Partes. Halae 1768. 8.

M. L. Willichs gründliche Vorſtellung der Reeſiſchen Regel. Bremen 1759 — 1790. 2 Bände. 8.

A. G. Käſtners mathematiſche Anfangsgründe in verſchiedenen (zur reinen und angewandten Mathematik gehörigen) Abtheilungen. Von der Arithmetik (Geometrie und Trigonometrie) iſt die erſte Aufl. Göttingen 1759. 8.; 6te Aufl. 1800. 8. — Die Fortſetzung der Rechenkunſt. Göttingen 1786. 8.

J. F. Malets Algebra. Carlsruhe 1761. 8. 5te Aufl. 1810. 8.

d'Alembert, opuscules mathematiques. VIII Vol. Paris 1761 — 1780. 4.

Emerson, the method of increments. London 1763. 8.

De Condorcet, du calcul intégral. Par. 1765. 4.

J. H. Lambert, Beiträge zum Gebrauch der Mathematik und deren Anwendung. 3 Theile. Berlin 1765 — 1772. 8.

G. F. G. Leibnitii, opera omnia, collecta stu-

dio L. Dutens. VI Tom. Geneve 1768. 8. et Berol. 1789. 4. — Hier finden ſich alle die wichtigen Abhandlungen beiſammen, welche in den Actis eruditorum Lips. vorkommen.

G. F. Tempelhof, Analyſis des Unendlichen. Berlin 1769. 8.

De la Caille, Leçons élementaires de mathematiques; nouv. ed. Paris 1770. 8.

Fontaine, traité du calcul differential et integral. Paris 1770. 4.

Car. Scherffer, institutiones analyticae. II Partes. Vindob. 1770. 4.

Vinc. Riccati, opuscula. II Tom. Lucc. 1757 — 1772. 4.

Bossut, traité élémentaire d'Algébre. Par. 1773. 8.

Tob. Mayeri, opera inedita, edidit et observationum appendicem adjecit G. Chr. Lichtenberg. Gottingae 1774. 4.

N. Schmid, die Rechenkunſt in zwei Theilen. Leipzig 1774. 8. Neue Aufl. 1800. 8.

J. F. Häſeler's Anfangsgründe der Arithmetik, Algebra ꝛc. Lemgo 1775 — 1792. 8. 3 Theile. Neueſte Aufl. 1802 — 1806. 8.

F. C. L. Karſten, die Rechenkunſt. Bützow und Wismar 1775. 8. Neueſte Aufl. Berlin 1805. 8.

J. F. Vicums ſelbſtlehrende Rechenkunſt. Dresden 1775 — 1779. 8. 3 Bände. Neue Aufl. 1783 — 1786. 8.

A. M. Lorgnae, specimen de seriebus convergentibus. Veronae 1775. Fol.

J. F. Malers Unterricht zum Rechnen. Carlsruhe 1775. 8. 5te Aufl. 1795. 8.

A. J. Cousin, leçons de calcul différential et intégral. Paris 1777. 8.

J. F. Heynatz, ausführliches Rechenbuch. Berlin 1777 — 1780. 8.

Wenceſl. Joh. Guſt. Karſten, Lehrbegriff der geſammten Mathematik. 8 Theile. Greifswald 1767 – 1777. 8. — Aufs neue herausgegeben von K. B. Mollweide. Leipzig 1812—1818. 8.

Bezout, theorie générale des equations algebraiques. Paris 1779. 8.

C. F. Hindenburg, infinitonomii dignitatum, exponentis indeterminati historia, leges et formulae. Gotting. 1779. 4. — Ejusd. novi systematis permutationum ac variationum primae lineae. Lips. 1781. 8.

M. Metternich, gründliche Anweiſung zur Rechenkunſt. Mainz 1783. 8. Neue Aufl. 1788. 8. — Ebendeſſ. gründliche Rechenkunſt in Decimalbrüchen und andern Zahlen. Mainz 1808. 8.

K. J. Splittegarb, Anleitung zum Rechnen. Halle 1784. 8. Neueſte Aufl. 1810. 8.

J. A. Ch. Michelſen, Anleitung zur praktiſchen Rechenkunſt. 3 Bände. Berlin 1785 — 1786. 8.

L. Eulers Einleitung in die Analyſis des Unendlichen; a. d. Latein. mit Anmerk. überſ. von J. A. Ch. Michelſen. 3 Bände. Berlin 1785 — 1791. 8.

S. L. l'Huilier, exposition élementaire des principes des calculs superieurs. Berlin 1786. 4. — Deſſelben Principia calculi differentialis et integralis etc. Tübingen 1795.

A. Bürja, der ſelbſtlehrende Algebraiſt. 2 Theile. Berlin 1786. 8.

F. G. Buſſe, gemeinverſtändliches Rechenbuch für Schulen. Leipzig 1786 — 1787. 8. 4te Aufl. 1807. 8. — Ebendeſſ. Anleitung zum Gebrauch des gemeinverſtändlichen Rechenbuchs. Leipzig 1786. 8. 4te Aufl. 1807. 8.

P. H. C. Brodhagen, Handbuch der theoretiſchen und praktiſchen Arithmetik. Hamburg 1790. 8.

Andr. Wagners Anweiſung verſchiedene Gegenſtände

der kaufmanniſchen Rechenkunſt kurz und bequem zu berechnen. Leipzig 1791. 8.

J. Pasquich, Unterricht in der mathematiſchen Analyſis. 2 Bände. Leipzig 1791. 8.

G. H. Biermanns Leitfaden zum Rechnen, 2 Theile. Hannover 1792. 8. Neueſte Aufl. 1805. 8.

J. K. F. Hauffs Lehrbuch der Arithmetik beim eignen und fremden Unterricht. Gießen 1793. 8. Neue Aufl. Marburg 1807.

K. Ch. Illings arithmetiſches Handbuch, 2 Bände. Leipzig 1794. 8. — Ebendeſſ. Anleitung zum Rechnen im Kopfe. Hannover 1795. 8.

J. F. Lorenz, die Elemente der Mathematik. 3 Theile. Neue Aufl. Leipzig 1793—1797. 8.

Meyer Hirſch algebraiſcher Commentar über Euclides. Berlin 1794. 8. — Deſſen Sammlungen von Beiſpielen, Formeln und Aufgaben aus der Buchſtabenrechnung und Algebra, Berlin 1804—1809. 8.

Carnot, reflexions sur la metaphysique du calcul infinitesimal. Paris 1796. 4. — Carnots Betrachtungen über die Theorie der Infiniteſimal-Rechnung; a. d. Franzöſ. überſetzt von J. K. F. Hauff. Frankfurt a. M. 1800. 8.

J. F. Pfaff, disquisitiones analyt. maxime ad calculum integralem et doctrinam serierum pertinentes. Helmstad. 1797. 4.

C. D. M. Stahl, Anfangsgründe der Zahlen-Arithmetik und der Buchſtabeneechnung. Jena u. Leipzig 1797. 8.

S. F. Lacroix, traité du calcul différential et integral. II Vol, Paris 1797. 4. — Deſſen Lehrbegriff der Differential- und Integralrechnung; a. d. Franz. von J. Ph. Grüſon. 2 Theile. 1799. 8.

La Grange, Théorie des fonctions analytiques. Paris 1797. 4. — La Grange, Theorie der analytiſchen

Funktionen; a. d. Franz. überſ. von J. Ph. Grüſon. 2 Theile. Berlin 1798. 8.

Bossut, Traité du calcul differential et integral. Paris 1798. 8.

J. C. B. Uflackers Exempelbuch für Anfänger und Liebhaber der Algebra. Braunſchweig 1793—1799. 8. 4te Aufl. 1810. 8.

S. l'Huilier, Anleitung zur Elementar-Algebra. 2 Theile. Tübingen 1799. 8.

J. G. F. Käppels arithmetiſche Exempeltafeln. Nürnberg 1799. 8.

J. P. Roſchers gemeinnützliches Rechenbuch zur Selbſtübung ꝛc. Neue Aufl. Lemgo 1799. 8.

K. F. Hindenburgs Sammlung, combinatoriſch-analytiſcher Abhandlungen. Leipzig 1800. 8. — Deſſelben über combinatoriſche Analyſis und Derivations-Calcul. Leipzig 1803. 8.

K. D. M. Stahl, Grundriß der Combinationslehre mit Anwendung derſelben auf die Analyſis. Jena 1800. 8. — Deſſelben Einleitung in das Studium der Combinationslehre. Leipzig 1801. 8.

J. C. Weingärtner, Lehrbuch der combinatoriſchen Analyſis, nach der Theorie Hindenburgs. 2 Theile. Leipzig 1800. 1801. 8.

Andr. Wagners Anleitung zum Kopfrechnen. Leipzig 1800. 8.

J. G. Meyers Anleitung zum Kopfrechnen ꝛc. Halle 1800. 8.

J. W. Oelners und Reiches neue Rechentafeln. Breslau 1800.

C. F. Gaussii, disquisitiones arithmeticae. Lips. 1801. 8.

J. F. Köhlers Anweiſung zum Kopfrechnen ꝛc. Leipzig 1803. 8.

J. F. Kohleins 128 Rechentafeln ꝛc. Frankf. a. M. 1803. 8.

J. F. C. Werneburg, die Teliosadik, oder das allein vollkommene unter allen Zahlensystemen. Leipzig 1803. 8.

H. Peſtalozzi, Anſchauungslehre der Zahlenverhältniſſe. Zürch und Tübingen 1803. 4.

G. S. Klügel, mathematiſches Wörterbuch, oder Erklärung der Begriffe, Lehrſätze, Aufgaben und Methoden der Mathematik ꝛc. 4 Theile. Leipzig 1803 — 1825. 8. (Der 4te Theil iſt von C. B. Mollweide.)

G. Kroymanns Anleitung zum gemeinnützlichen Rechnen. Altona 1787. 4te Aufl. 1804. 8.

F. Kries, Rechenbuch für Bürger- und Landſchulen. Gotha 1804. 8. — Deſſen gründliche Anweiſung zur Rechenkunſt für Geübtere. Gotha 1808. 8.

J. G. Buſſe, Vergleichung zwiſchen Carnots und Buſſes Algebra. Freiberg 1804. 8.

C. L. Rösling, Grundlehren von den Formen, Differenzen, Differentialien und Integralen der Funktionen. Erlangen 1805. 8.

S. M. Cohen, Handbuch der geſammten Arithmetik. 4 Theile. Cleve 1805. 8.

C. Tillichs allgemeines Lehrbuch der Arithmetik, oder Anleitung zum Rechnen für Jedermann. Leipzig 1806. 8.

J. Toblers gründlicher Unterricht in der Rechenkunſt. Zürch 1806. 8.

J. Schön, die Buchſtabenrechnung und Algebra. Würzburg 1806. 8.

C. Ch. Langsdorf, neue Darſtellung der Prinzipien der Differential-Rechnung. Heidelberg 1806. 8.

J. F. Ladomus, Peſtalozzis Anſchauungslehre der Zahlenverhältniſſe, in Beziehung auf die Arithmetik als Wiſſenſchaft. Heidelberg 1807. 8.

F. G. Buſſe, erſter Unterricht in der Algebra. 2 Theile. Neue Aufl. 1808. (Die erſte Leipzig 1781. 8.) — Deſſelben neueſte Methode des Größten und Kleinſten. Freiberg 1808. 8.

C. F. Kausler, die wichtige Lehre von den Logarithmen vollſtändig entwickelt. Tübingen 1808. 8.

H. H. W. Arendts Rechentafeln ꝛc. Altenburg 1808. 8.

J. K. F. Baumgartens Vorlegeblätter zur Rechenübung, in fortſchreitenden Ordnungen vom Leichtern zum Schwerern ꝛc. Leipzig 1808. 8.

A. H. Ch. Gelbkes gemeinnützige Anweiſung zum gründliche Rechnen. Hannover 1809. 8.

J. Ph. Schellenberg, leichtes Rechenbuch für Anfänger. 3 Theile. Leipzig 1809. 8; 5te Aufl. 1817. 8. — Deſſen kaufmänniſche Arithmetik. Braunſchweig 1812. 8.

C. D. F. Hoffmann, die Peſtalozziſche Zahlenlehre. Stuttgart 1810. 8.

J. W. Müller, praktiſche Abhandlung zur algebraiſchen und combinatoriſchen Rechnung. 2 Theile. Nürnberg 1810. 8.

P. H. C. Brodhagens Algebra. Hamb. 1810. 8.

Meier Hirſch, Integraltafeln oder Sammlung von Integralformeln. Berlin 1810. 4.

C. Chr. Langsdorf, arithmetiſche Abhandlungen. Heidelberg 1810. 8.

J. G. F. Bohnenberger, Anfangsgründe der höhern Analyſis. Tübingen 1811. 8.

J. K. Fiſcher, erſte Gründe der Differential-, Integral- und Variations-Rechnung. Elberfeld 1811. 8.

H. A. Rothe, ſyſtematiſches Lehrbuch der Arithmetik. 2 Theile. Leipzig 1811. 8.

S. F. Lacroix, Anfangsgründe der Algebra; a. d. Franzöſ. überſ. von M. Metternich. Mainz 1811. 8.

F. A. Boyſen, die ſelbſtlehrende Rechenkunſt. 2 Theile. Leipzig 1812. 8.

A. L. Crelle, Differential-, Integral- und Variationsrechnung ꝛc. Göttingen 1813. 8.

J. G. Prändel, Arithmetik in weiterer Bedeutung, oder Zahlen- und Buchſtabenrechnung. München 1815. 8.

J. F. Raupach, die Elemente der Algebra und Analyſis ꝛc. Breslau 1815. 8.

J. Schön, die Zifferrechnung, oder vollſtändiges Lehrbuch der Rechenkunſt. 2te Aufl. Bamberg 1815. 8.

L. B. Francoeur, Elementar-Algebra; a. d. Franz. überſetzt von C. F. Degen. Kopenhagen 1815. 8.

D. C. L. Lehmus, Lehrbuch der Zahlen-Arithmetik, Buchſtabenrechenkunſt und Algebra. Leipzig 1816. 8.

J. Fichtner, ausführliche Lehre der Gleichungen des erſten und zweiten Grades. Prag 1817. 8.

Delambre, über die Arithmetik der Griechen; a. d. Franzöſ. von J. J. G. Hoffmann. Mainz 1817. 4.

A. Bürja, die bürgerliche Rechenkunſt. Berl. 1817. 8.

G. v. Vega, Vorleſungen über die Mathematik. 4 Bde. Neueſte Aufl. von der Rechenkunſt, Algebra ꝛc. Wien 1817. 8.

J. E. Nelkenbrechers allgemeines Taſchenbuch der Münz-, Maaß- und Gewichtskunde; umgearbeitet von J. S. G. Otto. 12te Aufl. Berlin 1817. 8.

M. Ohm, kurzes, gründliches und leicht faßliches Rechenbuch zum Unterricht. Berlin 1818. 8. — Derſelbe, Elementar-Zahlenlehre. Berlin 1817. 8.

M. Metternich, die reine und angewandte Zahlenlehre, Hadamar 1818. 8.

H. Rockſtroh, die Logarithmen, erleichtert für den Unterricht und in ihrer Anwendung auf ökonomiſche, kaufmänniſche und juridiſche Gegenſtände. Berlin 1818. 8.

K. J. A. Szen, vervollſtändigtes und vereinfachtes Syſtem der gemeinen Arithmetik. Neuſtadt 1818. 8.

Tafel zur bequemern Berechnung der Logarithmen der Summe oder Differenz zweier Größen ꝛc. Altona 1818. 4.

La Place, Verſuch über Wahrſcheinlichkeiten; nach der 3ten Aufl. aus dem Franzöſ. überſ. von F. W. Tönnies, mit Anmerk. von C. Chr. Langsdorf. Heidelb. 1818. 8.

F. Günther, kaufmänniſches Rechenbuch. Frankfurt a. M. 1818. 8.

J. Tob. Mayers vollſtändiger Lehrbegriff der höhern Analyſis. 2 Theile. Göttingen 1818. 8.

G. S. A. Mellin, Entdeckungen in der Integralrechnung. Magdeburg 1818. 4.

A. L. Crelle, Archimeds Sandrechnung; aus dem Griech. überſetzt. Berlin 1818. 8.

J. Ph. Grüſon, die Arithmetik nach Erzeugung der Begriffe, in ſyſtematiſch geordneten Fragen und Aufgaben, nebſt Beantwortung. Berlin 1818. 8.

E. F. Wrede, gründliche Darſtellung der Differential- und Integralrechnung. Königsberg 1818. 4.

W. von Türk, auſchauliche Auflöſungen und Gleichungen des erſten, zweiten und dritten Grades. Berl. 1819. 8.

P. N. L. Egen, Handbuch der allgemeinen Arithmetik, beſonders in Beziehung auf die Sammlung von Beiſpielen aus der Buchſtabenrechnung und Algebra von Meyer Hirſch. 2 Bände. Berlin 1819 und 1820. 8.

E. S. Unger, das Weſen der Arithmetik zur Beförderung eines gründlichen Studiums dieſer Wiſſenſchaft. Leipzig 1819. 8.

G. H. Buſe, gründliches und vollſtändiges Hand- und Rechenbuch für Kaufleute. 2 Theile. Erfurt und Gotha. 1819. 8.

Fr. von Drieberg, die Arithmetik der Griechen. Leipzig 1819. 8.

C. F. Gaussii, theorematis fundamentalis in doctrina de residuis quadraticis demonstrationes et amplificationes novae. Gotting. 1819. 4.

J. B. Friedrich, Grundriß der Buchſtabenrechnung und Algebra. Nürnberg 1820. 8.

Ferd. Schweins Analyſis. Heidelberg 1820. 4.

M. Deſaga, vollſtändige Anleitung zum Kopf- und Tafelrechnen ꝛc. Neue Aufl. Heidelberg 1827. 8.

II.

Schriften über niedere, höhere und praktiſche Geometrie, ſowie über Trigonometrie.

Euclidis elementorum Libri XIII. cum expositione Theonis etc. Venet. 1505. Fol. Auch Basil. 1537. Fol.

G. Purbachii, quadratum geometricum. Norib. 1516.

Albrecht Dürer, Underweyſung der meſſung mit dem zirckel und richtſcheyt. Nürnberg 1525. 4.

Euclidis opera omnia, graece, cum scholiis graecis. Basil. 1533. Fol.

Jo. Regiomontani, de triangulis omnimodis libri quinque, ed. Jo. Schoner. Norib. 1533. Fol. Und Basil. 1568. Fol.

Petr. Apiani, instrumentum primi mobilis nunc primum inventum etc. Norib. 1534. 4.

Jo. Regiomontani, introductio in elementa Euclidis. Norib. 1537. Fol.

Ejusd. compositio tabularum sinuum et tabulae sinuum duplices per eundem; item tractatus Peurbachii super propositiones Ptolemaei de sinibus et chordis; ed. a J. Schonero. Norib. 1541. Fol.

Archimedis opera, quae extant, omnia, graece et latine nunc primum edita etc. Basil. 1544. Fol.

Georg Agricolae, de re metallica libri XII. Basil. 1546. Fol.

Jo. Scheubel, Euclidis elementorum sex libri. Basil. 1550. Fol.

Regnaud Chaudiére, géométrie practique. Paris 1551. 4.

Jo. Buteonis, opera geometrica. Lugd. 1554. 4.

Procli, in primum Euclidis elementorum librum commentariorum Libri IV. ex graeco latine vertit et

scholiis illustravit Franc. Baroccius. Patav. 1557. Fol. — Iſt von Th. Taylor London 1788. 4. ins Engliſche überſetzt.

Jac. Peletarii, in Euclidis elementa geom. demonstrationum libri sex. Lugd. 1557. Fol. — Ejusd. commentarii tres de dimeusione circuli; de contactu linearum et de duabus lineis in eodem plano neque parallelis, neque concurrentibus; et de constitutione horoscopii. Basil. 1563. Fol.

Archimedis opera, cum commentario Eutocii; a Commandino ed. Venet. 1558. Fol.

Chriſt. Pühler, kurze und gründliche Anlaytung zu dem rechten Verſtand geometriae. Dillingen 1563. 4.

F. Flussatis Candallae, Euclidis elementa geometrica Libri XV. Paris 1566. Fol.

Herlini et Dasypodii, analyses geometricae sex librorum Euclidis. Argentor. 1566. Fol.

Nik. Reusberger, Geometria, d. i. wie man recht und behend eines jeden Dings Länge, Höhe und Breite ꝛc. abmeſſen ſoll. Augsburg 1568. 4.

Boëtii, geometriae libri duo, cura H. Glareani. Basil. 1570.

Euclidis elementa, graece et latine, per Conr. Dasypodium. Argent. 1571 et 1673. 8.

Car. Commandini, Commentar. in XV libros element. Euclidis. Pisauri 1572. Fol.

Christ. Clavii, Euclidis elementorum libri XV. accuratis scholiis illustrati. Romae 1574. 8. Mehrere Auflagen folgten hinterher.

Erasmus Reinhold, gründlicher Bericht vom Feldmeſſen und Markſcheiden. Frankfurt 1574. 4. Und 1615. 4.

Thom. Finkii, geometriae rotundi libri XIV. Basil. 1583. 4.

Sim. Stevini, problematum geometr. Libri V, Antwerp. 1583. 4.

Sim. du Chene, Quadrature du cercle. Paris 1584.

Pappi, Alexandrini collectionum mathematicarum libri, qui supersunt. Venet. 1589. 4.

Nic. Copernici, de lateribus et angulis triangulorum, tum planorum, tum sphaericorum libellus. Wittenberg 1592. 8.

Euclidis, elementorum geometricorum libri tredecim; ex extractione doctissimi Nasiridini Tusini nunc primum arabice impressi. Romae 1594. Fol.

Jos. Scaligeri, cyclometrica elementa duo. Lugd. Bat. 1594. Fol.

Georg. Joach. Rhetici et Val. Othonis, opus Palatinum de triangulis. Neostad. 1595. Fol.

Van den Circkel, doerin gheleert wird te vinden de naeste Proportie des Circkels - Diameter tegen synen Omloop; alles door Ludolph van Ceulen. Delf. 1596. Fol.

Adr. Romanus, in Archimedis circuli dimensionem expositio et analysis. Wirceburg 1597. Fol.

Paul Pfinzing, Methodus geometrica, oder Tractat von der Feldrechnung und Meſſung, wie ſolche zu Fuß, Roß und Wagen leicht anzuſtellen. Nürnberg 1598. Fol.

Petri Rami, scholarum mathematicarum Libri unus et triginta; a L. Schonero recogniti et emendati. Francof. 1599. 4.

Apollonius Gallus, seu Franc. Vietae restitutio Apollonii Librorum II. de tactionibus. Paris. 1600. — Supplementum ed. a Marino Ghetaldo. Venet. 1607.

Pselli, geometria, interprete Guil. Xylandro. Lips. 1601. 8.

Jo. Hartm. Bayeri, stereometriae inanium nova et facilis ratio. Francof. 1603. — Deſſelben conometria Mauritiana, oder Viſirung eines Faſſes Frankf. 1619.

Christ. Clavii, geometria practica. Romae 1604. 4. Auch Mogunt. 1606. 4.

Levini Hulſii, Tractat der mechaniſchen Inſtrumenten ꝛc. Frankfurt 1604. 4.

Gal. Galilei, le operazioni del compasso geometrico e militare. Padov. 1606. Fol.

J. J. Köbel, Geometrey vom künſtlichen Feldmeſſen und Abſehen allerley Höhe, Weite und Breite. Frankf. 1608 und 1616. 4.

W. Snellii, Apollonius Batavus. Lugd. 1608; ins Engl. überſ. von Joh. Lawſon. London 1772.

J. Faulhaber, neue geometriſche und geometriſche Inventionen. Frankfurt 1610. 4.

Henr. Hofmann, de octantis, instrumenti mathematici novi. Jenae 1612. 4.

Barth. Pitisci, canon triangulorum emendatissimus. Francof. 1612. 4.

Ejusd. Trigonometriae sive de dimensione triangulorum libri quinque ed. 3. Francof. 1612. 4.

Ejusd. problematum variorum nempe geodaeticorum, architect. etc. libri undecim, trigonometriae subjuncti. Francof. 1612. 4.

Gal. Galilei, de proportionum instrumento a se invento, tract. a Math. Berneggero. Argentor. 1612. 4.

Barth. Petisci, thesaurus mathematicus seu canon sinuum etc. Francof. 1613. Fol.

Archimedis opera, graece et lat. cum commentar. Flurantii per Dav. Rivaltum. Par. 1615. et 1646. Fol.

Georg Galgemaiers Unterricht und Gebrauch der hochnützlichen mathematiſchen Inſtrumente, Proportional-Schregmäß und Cirkels ꝛc. Ulm 1615. 4.

Pieterzon Dou und Joh. Sems, Practica des

Landmeſſens; a. d. Holländ. überſ. von Seb. Curtio. Amſterdam 1616. 4.

Joh. Faulhaber, geometriſche und perſpectiviſche Inventionen. Ulm 1616. 4. — Deſſen mathematiſcher Kunſtſpiegel. Ulm 1612.

Benj. Bramer, Trigonometria planorum mechanica. Marburg 1617. 4.

Joh. Blum, Geometria oder kurzer, einfältiger, doch genugſamer Bericht von wahrer Feldmaaß. Urſel 1617. 4.

Dan. Schwenter, geometriae practicae libri IV. Nürnb. 1618. 4. — Ausgabe von G. A. Böckler. 1667. 4.

Henr. Briggii, logarithmorum chilias prima. 1618. Fol.

Lud. a Coelen, de circulo et adsc. liber; ed. Willeb. Snellius. Lugd. Bat. 1619. 4.

Jo. Molther, problema Deliacum, de cubi duplicatione. Francof. 1619. 4.

Jo. Neper, mirifici logarithmorum canonis descriptio, ejusque usus in utraque trigonometria. Edinb. 1614 ed. auctior 1619. 4.

Edm. Gunter, Canon triangulorum. 1620. 4.

Willibr. Snellius, cyclometricus. Lugd. Bat. 1621. 4.

Petr. Rami, Geometrie, durch W. Snellius. Amſterdam 1622. 4.

Henr. Briggii, arithmetica logarithmica. Oxon. 1624. Fol.

Benj. Ursini, magnus canon triangulorum logarithmicus. Colon. 1624. 4.

Ejusd. Trigonometria, cum magno canone log. trigon. Colon. 1625. 4.

Euclidis, Data, cum versione latina cura Hardy. Paris 1625. 4.

Adr. Metii, arithmeticae libri duo, et geometriae libri sex. Lugd. Bat. 1626. 4. — Ejusd. Praxis

Digitized by Google

nova geometrica per usum circini et regulae proportionis. Franeckerae 1623. 4.

Jo. Alfonsi, nova reperta geometrica. Arnh. 1628. 4.

Simon Stevin, gründlicher Bericht von der Calculation und dem Gebrauch der Sinustafeln ꝛc.; a. d. Holländ. überſ. von Dan. Schwenter. Nürnberg 162 . 12.

Alb. Girardi, Trigonometria. Hagae 1629. 4.

Phil. Lansbergii, geometria triangulorum. Amst. 1631. Und Middelb. 1663. Fol.

Pierre Vernier, la construction et l'usage du quadrant nouveau de mathem. comme aussi la construction de la table des sinus etc. Brux. 1631. 8.

Two tables of logarithmes by Roe et Wingate. London 1633. 8.

H. Gellibrand, trigonometria Britannica, una cum logarithmis sinuum et tangentium. Goudae 1633. Fol.

Adr. Vlacq, trigonometria artificialis, seu magnus canon triangulorum logarithmicus. Goudae 1633. Fol. — Ejusd. Tabulae sinuum, tangentium et logarithmorum. Goudae 1636. und Hagae 1665. 8. Die neueſte Aufl. Leipzig 1808. 8.

H. Briggii, trigonometria Britannica, ed. a H. Gellibrand. Goudae 1633. Fol.

G. L. Frobenii, clavis universalis trigonometrica. Hamb. 1634.

Brameri, Apollonius Cattus oder geometriſcher Wegweiſer. 1634. — Dritte Aufl. 1684. 4.

Petr. Herigone, cursus mathematicus nova methodo demonstratus per notas reales et universales. Paris 1634. 4.

Paul. Guldinus, de centro gravitatis. IV Libri. Viennae 1635. Fol.

Bened. Hedraei, nova et accurata astrolabii

geometrici structura. Lugd. Bat. 1643. 4. (Mit der Beſchreibung des Nonius oder Vernier.)

Euclide, les six prémiers livres demonstrés par notes d'une méthode très brieve, par Pierre Herigone, Paris 1644. 8.

Evang. Torricelli, opera geometrica de solidis sphaeralibus, de dimensione parabolae, de solido hyperbolico etc. Florent. 1644. 4.

Marini Mersenni universae geometriae et mixtae mathem. synopsi. Paris. 1644. 4.

Archimedis opera, graece et latine cum comment. Flurantii per Dav. Rivaltum. Paris. 1646. Fol.

Fr. a Schooten, tractatus de organica sectionum coni in plano descriptione. Lugd Bat. 1646. 4.

Gregorio a St. Vincentio, opus geometricum quadraturae circuli et sectionum coni. Antwerp 1647. Fol.

Andr. Tacquet, elementa geometriae planae ac solidae, quibus accedunt selecta ex Archimede theoremata. Antwerp. 1654. 8. — Edit. emendat. a Guihclm. Whiston. Cambridg. 1703. 8.; et Romae 1745. 8. — Ejusd. cylindricorum et annulariorum Libri IV. Antw. 1651. 4.

Christ. Hugenii theoremata de quadratura Hyperboles, Ellipsis et Circuli, quibus subjuncta est refutatio cyclometriae P. Gregorii a St. Vincent. Lugd. Bat. 1651. 4. — Ejusd. de circuli magnitudine inventa. Lugd. Bat. 1654. 4.

Rich. Norwood, trigonometrie or the doctrine of triangles rigth lined and sphaerical, with the canon of sinus etc. London 1631. 4. With logarithmes enlarged by the author. 1669. 4.

Apollonii Pergaei, conicorum libri priores quatuor, cum commentariis C. Richardi. Antwerp.

1655. Fol. — Ejusd. de sectione rationis libri duo, ex arabico latine versi et de sectione spatii libri duo restituti a Edm. Halley. Oxon. 1706. — Ejusd. conicorum libri octo, ed. Edm. Halley. Antwerp. 1710. Fol.

Greg. à St. Vincentio, contemplatio curvilineorum, nec non examen quadrat. Lugd. Bat. 1652. 4.

Jo. Wallisii arithmetica infinitorum. Oxon. 1655. 4. Auch auf Geometrie angewandt.

Renati Cartesii, principia matheseos, seu geometria, in latin. versa et commentariis illustrata a Franc. a Schooten. Amstel. 1659. 4. René des Cartes, la geometrie. Paris 1637 et 1664. 4.

Bonav. Cavaleri, geometria indivisibilibus continuorum nova ratione promota. Bonon. 1653. 4.

Wilh. Oughtred, trigonometria una cum tabulis sinuum etc. ed. a Rich. Stockes. Lond. 1657. 4.

John Newton, trigonometria Britannica. III Vol. Lond. 1658. Fol.

Diophanti, Alexandrini, geometria, ed. Jac. Billii. Paris. 1660. 4.

Claud. Mydorge, conicorum libri quatuor. Paris. 1660. Fol.

Pappi, Alexandrini, collectionum mathematicarum libri, qui supersunt; ed. Friedr. Commandino. Bonon. 1660. Fol.

Renati Slusii, mesolabum seu duae mediae proportionales per circulum et sectiones conicas exhibitae. Leod. 1662 et 1668. 4.

Egyd. Strauch, Tabellen der Sinus, Tangenten und Logarithmen. Wittenb. 1662; vermehrt von L. Chr. Sturm. Amſterdam 1700. 8.

Jac. Gregorii, de vera circuli et hyperbolae quadratura. Patav. 1668. 4. — Ejusd. exercitationes

geometricae. Lond. 1668. 4. — Ejusd. geometriae pars. universalis, inserviens quantitatum curvarum transmutationi et mensurae. Patav. 1668. 4.

Nicol. Mercatoris, logarithmotechnia. Lond. 1668.

Thom. Hobbes, de quadratura circuli, et duplicatione cubi. Amst. 1669. 4. — Ejusd. principia et problemata aliquot geometrica, ante desperata, nunc breviter explicata et demonstrata. Amst. 1674. 4.

Joh. Chriſt. Sturm, des Archimedes Kunſtbücher; a. d. Griech. überſ. und mit Anmerk. erläutert. Nürnberg 1670. Fol.

Eratosthenis geometria, graece cum annotationibus etc. Oxon. 1672. 8.

Mariotte, traité du nivellement, avec la description de quelques niveaux inventées par lui. Paris 1672. 8.

John Smith, stereometrie, or the art of practical gauging. London 1672. 8.

Phil. de la Hire, nouvelle methode en géométrie pour les sections des superficies coniques. Paris 1673. 4. — Ebendeſſ. Sectiones conicae in novem libros distributae. Paris 1685. Fol. — Ebendeſſ. Nouveaux élémens des sections coniques. Paris 1679. 12.

Joh. Zaragoza, trigonometria hispanica. Valentiae 1673. 4.

Bernh. Canzler, Summa geometriae practicae. Nürnberg 1673. 8. — Verbeſſert und mit Anmerk. von J. G. Doppelmayr unter dem Titel: B. Canzlers kurze und leichte, doch vollſtändige Anleitung zum Land- und Feldmeſſen. Nürnberg 1750. 8.

Is. Barrow, lectiones geometricae. Lond. 1674. 4. — Deſſelben Apollonii Pergaei conicorum libri quatuor, methodo nova illustrata etc. Lond. 1675. 4.

Erasm. Bertolini, selecta geometrica. Hafniae 1674. 4.

Bonav. Cavaleri, exercitationes sex geometricae. Bonon. 1674. 4.

Is. Barrow, Archimedis opera succincte demonstrata. Lond. 1675. 4. — Deſſelben Euclidis elementorum libri XV. breviter ac succincte demonstrati. Cambr. 1675. 8. — Deſſelben Theodosii sphaerica succincte demonstrata. Lond. 1675. 4. — Ebendeſſ. Euclidis data, succincte demonstrata. Cantabr. 1675. 4.

Archimedis, arenarius et dimensio circuli, graece et cum vers. latin. Jo. Wallisii. Oxon. 1676. 8.

Anath. Kircher, geometria practica combinata etc. Amstel. 1676. Fol. — Ejusd. Tariffa i. e. inventum novum combinationis methodum geometriae pr. summam continens. Romae 1679. 8.

Franc. a Schooten, trigonometria plana, cum canone sinuum, latine reddita. Bruxell. 1683. 12.

Thom. Baker, clavis geometrica catholica. Lond. 1684. 4.

Dav. Gregorii, exercitatio geometrica de dimensione figurarum. Edinb. 1684. 4.

Archimedis, monumenta omnia mathematica, ex traditione Franc. Maurolyci. Palermo 1685. Fol.

Jo. Craig, methodus figurarum quadraturas determinandi. London. 1685. 4. — Ejusd. tractatus de figurarum curvilinearum quadraturis et locis geometricis. Lond. 1693. 4. — Ejusd. de calculo fluentium. London 1718. 4.

J. G. Pardies, elementa geometriae, in quibus methodo brevi ac facili summe necessaria ex Euclide, Archimede et Apollonio et cetera traduntur. Paris 1671. 12. Post edit. tertiam latinitate donata. Jenae

Angeli de Marchettis, Euclides reformatus. Liburn. 1709. 4.

Bern. Lamy, élémens de géometrie, ed. augmentée. Paris 1710. 8.

Apollonii Pergaei conicorum libri octo etc. opera et studio Edm. Halley. Antw. 1710. Fol.

Guido Grandi, quadratura circuli et hyperbolae, ed secunda. Pis. 1710. 4. — Deſſelben compendio delle sectioni coniche. Firenza 1722. 12. — (Daſſelbe Werk ins Lateiniſche überſetzt von Chriſt. Aug. Hauſen.)

Is. Newton, analysis per quantitatum series, fluxiones ac differentias, cum enumeratione linearum tertii ordinis; ed. a Guil. Jones. Lond. 1711. 4.; Ed. a Jac. Stirling. Oxon. 1717. 8. — Ejusd. de quadratura curvarum, illustr. a D. Melander. Lips. 1762. 4.

Will. Jones, analysis per quantitatum series, fluxiones ac differentias, cum enumeratione linearum tertii ordinis. Lond. 1711. 4.

Carré, méthode pour la dimension des solides par l'application du calcul intégral. Paris 1711. 4.

Jac. Milnes, sectionum conicarum elementa, nova methodo monstrata. Oxon. 1712. 8.

P. M. Doria, nova methodus geometrica pro inveniendis mediis continuo proportionalibus infinitis inter duas rectas datas. Antw. 1715. 4.

Leonh. Chr. Sturm, Anweiſung zum Nivelliren. Augsburg 1715. Fol.

Clairaut, élémens de géométrie. Paris 1716. 8. Auch 1741. 12.

Jac. Stirling, illustratio tractatus Newtoni de enumeratione linearum tertii ordinis. Oxon. 1717. 8. Auch Paris 1797. 8.

Jo. Craig, de Calculo fluentium. Lond. 1718. 4.

A. Sharp, geomety improved by a table of segments of circles and a treatise of polyedra. London 1718. 4.

J. P. de Crousaz, la géométrie des lignes et des surfaces recti-lignes et circulaires. II Tom. Amst. 1718. 12.

G. F. Marquis de l'Hopital, traité analytique des sections coniques etc. Paris 1720. 4.; seconde ed. 1740. 4.

Colin Mac-Laurin, geometria organica, seu descriptio linearum curvarum universalis. Lond. 1720. 4.

J. Kresa, analysis speciosa trigonometriae sphaericae, triangulis rectilineis aliisque problematis applicata. Prag. 1720. 4.

Laur. Lorenzini, exercitatio geometrica de dimensione omnium conicarum sectionum. Florent. 1721. 4.

Epistola Pembertoni ad amicum de Cotesii inventis. 1722. 4.

Guido Grandi, compendio delle sectioni coniche. Fiorenza 1722. 12.

Roger Cotes, harmonia mensurarum et logometria edita a Rob. Smith. Cantabr. 1722. 4.

Michael Scheffelt, Unterricht vom Proportionalzirkel. Ulm 1724. 4. (älteſte Ausg. 1697. 4.) Neueſte von Scheibel verbeſſerte Aufl. Breslau 1781. 4.

Wm. Hawney, de doctrine of plain and spherical trigonometry. London 1725. 8.

Bern. de Fontenelle, élémens de la géométrie des infinit. Paris 1727. 4.

Epistola Jo. Poleni ad Jac. Hermannum de organica curvarum tractoriae atque logarithmicae constructione etc. Patav. 1729. 4.

A. de Moivre, miscellanea analytica de seriebus et quadraturis. London 1730. 4.

Claude Rabuel, commentaires sur la géométrie de Mr. Descartes. Lyon 1730. 4.

Clairaut, recherches sur les courbes à double courbure. Paris 1731. 8.

Chr. Peſchek, ſelbſtlehrende Trigonometrie oder Dreiecksmeſſung. Budiſſin 1731 und Leipzig 1769. 8.

Joh. Friedr. Penther, praxis geometriae oder praktiſche Geometrie für alle Fälle des Feldmeſſens. Augsb. 1732. Fol. 9te Aufl. 1817. Fol.

Hausen, elementa matheseos. Viennae 1735. Fol.

Nic. de Martino, elementa sectionum conicarum. II Tomi. Neap. 1734. 8.

M. Stone, analyse des infinement petits. Paris 1735. 4.

Rob. Simson, selectionum conicarum libri quinque. Edinb. 1735. Neue Aufl. 1750. — Simſons drei Bücher von den Kegelſchnitten, überſ. von J. W. Camerer. Tübingen 1809. 8.

Wm. Gardiner, practical surveying improved Landsurveyor. London 1737. 8.

La Figure de la terre, determinée par les observations de Maupertuis, Clairaut, Camus etc. Amsterd. 1738. 8. Deutſch: Zürich 1741. 8.

Deidier, science des Géométres, ou la théorie et la pratique de la Géométrie. Paris 1739. 4. — Ebendeſſ. la mesure des surfaces et des solides par l'arithmetique des infinis et les centres des gravités. Paris 1740. 4.

Maupertuis, le dégré du méridien entre Paris et Amiens. Paris 1740. 8. Der von Picard gemeſſene Meridiangrad zwiſchen Paris und Amiens. Zürch 1742. 8.

De Gua, usage de l'analyse de Descartes pour decouvrir les propriétés des lignes géométriques de tous les ordres. Paris 1740. 8.

Tobias Mayer, neue und allgemeine Art, alle Auf-

gaben aus der Geometrie leicht aufzulöſen, insbeſondere, wie alle Vierecke, davon ein Verhältniß ihrer Seiten gegeben, in den Cirkel geometriſch eingeſchrieben werden. Eßlingen 1741. 8.

Deparcieux, nouveaux traités de trigonometrie, accompagnés de tables des sinus etc. Par. 1741. 4.

Colin Mac Laurin, treatise of fluxions. II Vol. Edinb. 1742. 4. Franzöſiſch von Pezenas. Paris 1749. 4.; und Amſterdam 1750. 12.

James Dodson, antilogarithmic canon. Lond. 1742. 8.

Wm. Gardiner, tables of logarithms for all numbres from 1 to 102100, and for the sines and tangents to every ten seconds. London 1742. 4. Franzöſiſch: Avignon 1770. Fol.

G. F. Baermanni, elementorum Euclidis libri XV. ad usum tironum accommodati. Lips. 1743. und 1769. 8.

Rivard, trigonométrie avec la construction des tables des sinus etc. Paris 1743. 8. Neue Aufl. 1747. 8.

J. W. Zollmann, vollſtändige Anleitung zur Geodäſie oder praktiſchen Geometrie. Halle 1744 und 1774. Fol.

Leonh. Euler, methodus inveniendi lineas curvas maximi minimive proprietate gaudentes, sive solutio problematis isoperimetrici. Laus. et Geneve 1744. 4.

Th. Simpson, a treatise of Algebra, wherein the principles are demonstrated. London 1745. 8.

De la Chapelle, institutions de géométrie, enrichies de notes critiques et philos. sur les developpemens de l'esprit humain, avec un discours sur l'etude des mathematiques. II Tom. Paris 1746. und 1765. 8.

J. F. Unger, Beiträge zur Mathesis forensis. 2 Thle. Göttingen 1746. 4.

B. H. Rönnberg, leichte und richtige Ausmeſſung der

Fäſſer, welche nach der Länge liegen und nicht voll ſind. Wismar 1747. 4.

J. A. von Segner, Vorleſungen über die Rechenkunſt und Geometrie. Lemgo 1747 und 1767. 4.

Bouguer, la figure de la terre determinée par les observations de Bouguer et de la Condamine. Paris 1749.

Apollonii Pergaei, locorum planorum libri duo, restit. a Rob. Simson. Glasg. 1749. 4.

W. Emerson, elements of trigonometrie, containing the calculation of sines etc. the doctrine of the sphere and the principles of plain and sperical trigonometrie. Lond. 1749. 8.

Gabr. Cramer, introduction à l'analyse des lignes courbes algebraiques. Geneve 1750. 4.

De la Condamine, mesure des trois premiers degrés du méridien dans l'hémisphère austral. Paris 1751. 4.

Dav. Gregory, treatise of practical geometry, translated from the latin, with additions. Edinburgh 1751. 8.

J. J. Marinoni, de re ichnographica, cuius hodierna praxis exponitur, et exemplis illustratur. Viennae 1751. 4.

De la Chapelle, Traité des sections coniques et autres courbes anciennes. Paris 1751. 8. — De la Chapelle's Abhandlung von den Kegelſchnitten, herausgegeben von J. L. Böckmann. Carlsruhe 1791. 8.

John Lodge Cowley, geometry made easy, or an new and methodical explanation of the elements of geometry. London 1752. 8. — Deſſen Appendix to Euclids elements. Lond. 1759. 4.

Gallimard, les sections coniques et autres courbes etc. Paris 1752. 8.

G. W. Kraft, institutio geometriae sublimioris. Tubing. 1753. 4.

A. Fletcher, the universal mensurer. II Parts. London 1753. 8.

C. Walmesley, analyse des rapports et des angles, ou reduction des intégrales aux logarithmes et aux arcs de cercle. Paris 1753. 4.

Clairauts Anfangsgründe der Geometrie, aus dem Franz. überſ. von J. J. Bierling. Hamburg 1753. Neue Aufl. 1773.

J. Landen, an investigation of some theorems, wich suggest some remarkable properties of the circle etc. Lond. 1754. 8.

J. A. a Segner, elementa arithmeticae, geometriae et calculi geometrici. Halae 1756. 8. Ed. nov. 1767. Neueſte deutſche Aufl. Leipz. 1769. 8.

Thom. Simpson, élémens de géometrie. Par. 1755. 8.

Rob. Simson, Euclidis elementorum libri priores sex, item undecimus et duodecimus, sublatis iis quibus olim vitiati sunt, et quibusdam Euclidis demonstrationibus restitutis. Glasg. 1756. 4. — Auch Engliſch unter dem Titel: The elements of Euclid, the error corrected etc. Glasg. 1762. 8. 5te Aufl. 1775.

Godin et Du Séjour traité des courbes algébraiques. Paris 1756.

J. F. Polack, Mathesis forensis, worin die Rechenkunſt, Geometrie ꝛc. abgehandelt und die Anwendung auf die in der Rechtsgelehrſamkeit vorkommenden Fälle gezeigt wird. 3te Aufl. Leipzig 1756 und 1770. 4.

Sebaſt. le Clerc, Abhandlungen von der theoretiſchen und praktiſchen Geometrie. Augsburg 1756. 8.

Audierne, traité complet de trigonométrie, contenant la construction et l'usage des tables trigonometriques et des logarithmes etc. Paris 1756. 8.

Mazeas, elemens d'Arithmétique, d'Algèbre et de Géometrie, avec une introduction aux sections coniques. Paris 1758. 8. Siebente Aufl. 1788. 8.

Andr. Böhm, gründliche Anleitung zur Meßkunſt auf dem Felde. Frankfurt 1759. 4. Dritte Aufl. von J. G. J. Cämmerer. 1807. 8.

Mich. Hube, Verſuch einer analytiſchen Abhandlung von den Kegelſchnitten. Göttingen 1759. 8.

F. J. Buck, leichtere Auflöſung einiger ſchweren trigonometriſchen Aufgaben. Königsberg 1761. 4.

Is. Newton, de quadratura curvarum; illustr. a D. Melander. Lips. 1762. 4.

J. G. Pfeiffer, de curvarum algebraicarum assymptotis. 1764. — Und deſſen aequationum speciosarum resolutio per series, cpe parallelogrammi Newtoniani. Tubing. 1765. 4.

Guiot, l'arpenteur forestier, ou méthode nouvelle de mesurer, calculer et construire toutes sortes de figures. Paris 1765. 8.

J. F. Weidler; Anleitung zur Markſcheidekunſt; aus dem Latein. überſ. von Füchsthaler. Wien 1765. 8.

C. Scherffer, trigonometriſcher Verſuch von der Wahl des Standes beim Feldmeſſen. Wien 1766. 8. — Deſſen Beiträge zur Meßkunſt auf der Oberfläche der Erde. Wien 1783. 8.

F. W. Kratzenſtein, praktiſche Abhandlung von Verfertigung ſchöner und akkurater Riſſe. Nürnberg 1766. 8.

Andr. Reid, on essay on logarithms. Lond. 1767.

Wm. Payne, introduction to geometry, demonstrated in a clear and easy method. Lond, 1767. 4.

Ozanam, Anweiſung wie die geradlinichten Figuren ohne Rechnung, blos geometriſch auszutheilen ſind. Nürnb. 1767. 8.

J. Steph. Stigler, Anleitung zur Markſcheidekunſt. München 1767. 8.

G. F. Brander, neuer geometriſcher Univerſal-Meßtiſch. Augsb. 1767 und 1772. 8. — Deſſen Beſchreibung eines Syſtems von Maaßſtäben. Augsb. 1772. 8. — Deſſen Beſchreibung eines Spiegelſextanten. Augsb. 1774. 8.

Jos. Torricelli, geometrica. Veron. 1769.

Jos. Liesganig, dimensio graduum meridiani Viennensis et Hungarici. Vienna 1770. 4.

Picards Abhandlung vom Waſſerwägen, mit Beiträgen von Lambert. Berlin 1770. 8.

Ginet, manuel d'arpenteur, ou l'on enseigne la trigonométrie, la géodésie, la stéréométrie, la jaugeage, et le nivellement. II Vol. Paris 1770. 8.

J. S. Klügel, analytiſche Trigonometrie. Braunſchweig 1770. 8.

J. H. Lambert, Zuſätze zu den logarithmiſchen und trigonometriſchen Tabellen. Berlin 1770. 8.

C. Scherffer, institutiones geometricae. Vindob. 1770. 4.

W. Gardiner, tables des logarithmes des nombres jusqu'à 102100 et des sinus et tangentes de 10 en 10 secondes. Avignon 1770. Fol.

J. G. Marson, les trois coups d'essai géométriques. Strasb. 1770. 4.

Apollonii Pergaei, geometrical treatise on inclinations, restored by Horsley. Oxf. 1770., and by R. Burrow. London 1780.

Adrian Vlacq, Tafeln der Sinus, Tangenten ꝛc. und der Logarithmen, herausgegeben von Ebert. Frankf. 1771. 8. Bis auf die neueſte Zeit noch öfters aufgelegt.

Apollonii Pergaei, two books concerning tangencies, by John Lawson. Lond. 1771 und 1773. 4.

John Wright, elements of trigonometry plain and spherical. Edinb. 1772. 8.

Jo. Tob. Mayer, tetragonometria specimen primum. Gotting. 1773. 4.

Landmeſſens; a. d. Holländ. überſ. von Seb. Curtio. Amſterdam 1616. 4.

Joh. Faulhaber, geometriſche und perſpectiviſche Inventionen. Ulm 1616. 4. — Deſſen mathematiſcher Kunſtſpiegel. Ulm 1612.

Benj. Bramer, Trigonometria planorum mechanica. Marburg 1617. 4.

Joh. Blum, Geometria oder kurzer, einfältiger, doch genugſamer Bericht von wahrer Feldmaaß. Urſel 1617. 4.

Dan. Schwenter, geometriae practicae libri IV. Nürnb. 1618. 4. — Ausgabe von G. A. Böckler. 1667. 4.

Henr. Briggii, logarithmorum chilias prima. 1618. Fol.

Lud. a Coelen, de circulo et adsc. liber; ed. Willeb. Snellius. Lugd. Bat. 1619. 4.

Jo. Molther, problema Deliacum, de cubi duplicatione. Francof. 1619. 4.

Jo. Neper, mirifici logarithmorum canonis descriptio, ejusque usus in utraque trigonometria. Edinb. 1614 ed. auctior 1619. 4.

Edm. Gunter, Canon triangulorum. 1620. 4.

Willibr. Snellius, cyclometricus. Lugd. Bat. 1621. 4.

Petr. Rami, Geometrie, durch W. Snellius. Amſterdam 1622. 4.

Henr. Briggii, arithmetica logarithmica. Oxon. 1624. Fol.

Benj. Ursini, magnus canon triangulorum logarithmicus. Colon. 1624. 4.

Ejusd. Trigonometria, cum magno canone log. trigon. Colon. 1625. 4.

Euclidis, Data, cum versione latina cura Hardy. Paris 1625. 4.

Adr. Metii, arithmeticae libri duo, et geometriae libri sex. Lugd. Bat. 1626. 4. — Ejusd. Praxis

nova geometrica per usum circini et regulae proportionis. Franeckerae 1623. 4.

Jo. Alfonsi, nova reperta geometrica. Arnh. 1628. 4.

Simon Stevin, gründlicher Bericht von der Calculation und dem Gebrauch der Sinustafeln ꝛc.; a. d. Holländ. überſ. von Dan. Schwenter. Nürnberg 162 . 12.

Alb. Girardi, Trigonometria. Hagae 1629. 4.

Phil. Lansbergii, geometria triangulorum. Amst. 1631. Und Middelb. 1663. Fol.

Pierre Vernier, la construction et l'usage du quadrant nouveau de mathem. comme aussi la construction de la table des sinus etc. Brux. 1631. 8.

Two tables of logarithmes by Roe et Wingate. London 1633. 8.

H. Gellibrand, trigonometria Britannica, una cum logarithmis sinuum et tangentium. Goudae 1633. Fol.

Adr. Vlacq, trigonometria artificialis, seu magnus canon triangulorum logarithmicus. Goudae 1633. Fol. — Ejusd. Tabulae sinuum, tangentium et logarithmorum. Goudae 1636. und Hagae 1665. 8. Die neueſte Aufl. Leipzig 1808. 8.

H. Briggii, trigonometria Britannica, ed. a H. Gellibrand. Goudae 1633. Fol.

G. L. Frobenii, clavis universalis trigonometrica. Hamb. 1634.

Brameri, Apollonius Cattus oder geometriſcher Wegweiſer. 1634. — Dritte Aufl. 1684. 4.

Petr. Herigone, cursus mathematicus nova methodo demonstratus per notas reales et universales. Paris 1634. 4.

Paul. Guldinus, de centro gravitatis. IV Libri. Viennae 1635. Fol.

Bened. Hedraei, nova et accurata astrolabii

geometrici structura. Lugd. Bat. 1643. 4. (Mit der Beſchreibung des Nonius oder Vernier.)

Euclide, les six prémiers livres demonstrés par notes d'une méthode très brieve, par Pierre Herigone, Paris 1644. 8.

Evang. Torricelli, opera geometrica de solidis sphaeralibus, de dimensione parabolae, de solido hyperbolico etc. Florent. 1644. 4.

Marini Mersenni universae geometriae et mixtae mathem. synopsi. Paris. 1644. 4.

Archimedis opera, graece et latine cum comment. Flurantii per Dav. Rivaltum. Paris. 1646. Fol.

Fr. a Schooten, tractatus de organica sectionum coni in plano descriptione. Lugd Bat. 1646. 4.

Gregorio a St. Vincentio, opus geometricum quadraturae circuli et sectionum coni. Antwerp 1647. Fol.

Andr. Tacquet, elementa geometriae planae ac solidae, quibus accedunt selecta ex Archimede theoremata. Antwerp. 1654. 8. — Edit. emendat. a Guihelm. Whiston. Cambridg. 1703. 8.; et Romae 1745. 8. — Ejusd. cylindricorum et annulariorum Libri IV. Antw. 1651. 4.

Christ. Hugenii theoremata de quadratura Hyperboles, Ellipsis et Circuli, quibus subjuncta est refutatio cyclometriae P. Gregorii a St. Vincent. Lugd. Bat. 1651. 4. — Ejusd. de circuli magnitudine inventa. Lugd. Bat. 1654. 4.

Rich. Norwood, trigonometrie or the doctrine of triangles rigth lined and sphaerical, with the canon of sinus etc. London 1631. 4. With logarithmes enlarged by the author. 1669. 4.

Apollonii Pergaei, conicorum libri priores quatuor, cum commentariis C. Richardi. Antwerp.

1655. Fol. — Ejusd. de sectione rationis libri duo; ex arabico latine versi et de sectione spatii libri duo restituti a Edm. Halley. Oxon. 1706. — Ejusd. conicorum libri octo, ed. Edm. Halley. Antwerp. 1710. Fol.

Greg. á St. Vincentio, contemplatio curvilineorum, nec non examen quadrat. Lugd. Bat. 1652. 4.

Jo. Wallisii arithmetica infinitorum. Oxon. 1655. 4. Auch auf Geometrie angewandt.

Renati Cartesii, principia matheseos, seu geometria, in latin. versa et commentariis illustrata a Franc. a Schooten. Amstel. 1659. 4. René des Cartes, la geometrie. Paris 1637 et 1664. 4.

Bonav. Cavaleri, geometria indivisibilibus continuorum nova ratione promota. Bonon. 1653. 4.

Wilh. Oughtred, trigonometria una cum tabulis sinuum etc. ed. á Rich. Stockes. Lond. 1657. 4.

John Newton, trigonometria Britannica. III Vol. Lond. 1658. Fol.

Diophanti, Alexandrini, geometria, ed. Jac. Billii. Paris. 1660. 4.

Claud. Mydorge, conicorum libri quatuor. Paris. 1660. Fol.

Pappi, Alexandrini, collectionum mathematicarum libri, qui supersunt; ed. Friedr. Commandino. Bonon. 1660. Fol.

Renati Slusii, mesolabum seu duae mediae proportionales per circulum et sectiones conicas exhibitae. Leod. 1662 et 1668. 4.

Egyd. Strauch, Tabellen der Sinus, Tangenten und Logarithmen. Wittenb. 1662; vermehrt von L. Chr. Sturm. Amsterdam 1700. 8.

Jac. Gregorii, de vera circuli et hyperbolae quadratura. Patav. 1668. 4. — Ejusd. exercitationes

geometricae. Lond. 1668. 4. — Ejusd. geometriae pars. universalis, inserviens quantitatum curvarum transmutationi et mensurae. Patav. 1668. 4..

Nicol. Mercatoris, logarithmotechnia. Lond. 1668.

Thom. Hobbes, de quadratura circuli, et duplicatione cubi. Amst. 1669. 4. — Ejusd. principia et problemata aliquot geometrica, ante desperata, nunc breviter explicata et demonstrata. Amst. 1674. 4.

Joh. Chriſt. Sturm, des Archimedes Kunſtbücher; a. d. Griech. überſ. und mit Anmerk. erläutert. Nürnberg 1670. Fol.

Eratosthenis geometria, graece cum annotationibus etc. Oxon. 1672. 8.

Mariotte, traité du nivellement, avec la description de quelques niveaux inventées par lui. Paris 1672. 8.

John Smith, stereometrie, or the art of practical gauging. London 1672. 8.

Phil. de la Hire, nouvelle methode en géométrie pour les sections des superficies coniques. Paris 1673. 4. — Ebendeſſ. Sectiones conicae in novem libros distribuiae. Paris 1685. Fol. — Ebendeſſ. Nouveaux élémens des sections coniques. Paris 1679. 12.

Joh. Zaragoza, trigonometria hispanica. Valentiae 1673. 4.

Bernh. Canzler, Summa geometriae practicae. Nürnberg 1673. 8. — Verbeſſert und mit Anmerk. von J. G. Doppelmayr unter dem Titel: B. Canzlers kurze und leichte, doch vollſtändige Anleitung zum Land- und Feldmeſſen. Nürnberg 1750. 8.

Is. Barrow, lectiones geometricae. Lond. 1674. 4. — Deſſelben Apollonii Pergaei conicorum libri quatuor, methodo nova illustrata etc. Lond. 1675. 4.

Erasm. Bertolini, selecta geometrica. Hafniae 1674. 4.

Bonav. Cavaleri, exercitationes sex geometricae. Bonon. 1674. 4.

Is. Barrow, Archimedis opera succincte demonstrata. Lond. 1675. 4. — Deſſelben Euclidis elementorum libri XV. breviter ac succincte demonstrati. Cambr. 1675. 8. — Deſſelben Theodosii sphaerica succincte demonstrata. Lond. 1675. 4. — Ebendeſſ. Euclidis data, sneeincte demonstrata. Cantabr. 1675. 4.

Archimedis, arenarius et dimensio circuli, graece et cum vers. latin. Jo. Wallisii. Oxon. 1676. 8.

Anath. Kircher, geometria practica combinata etc. Amstel. 1676. Fol. — Ejusd. Tariffa i. e. inventum novum combinationis methodum geometriae pr. snmmam continens. Romae 1679. 8.

Franc. a Schooten, trigonometria plana, cum canone sinuum, latine reddita. Bruxell. 1683. 12.

Thom. Baker, clavis geometrica catholica. Lond. 1684. 4.

Dav. Gregorii, exercitatio geometrica de dimensione figurarum. Edinb. 1684. 4.

Archimedis, monumenta omnia mathematica, ex traditione Franc. Maurolyci. Palermo 1685. Fol.

Jo. Craig, methodus figurarum quadraturas determinandi. London. 1685. 4. — Ejusd. tractatus de figurarnm curvilinearum quadraturis et locis geometricis. Lond. 1693. 4. — Ejusd. de calculo flnentium. London 1718. 4.

J. G. Pardies, elementa geometriae, in quibus methodo brevi ac facili summe necessaria ex Euclide, Archimede et Apollonio et cetera tradnntur. Paris 1671. 12. Post edit. tertiam latinitate donata. Jenae

1784. 12. — Deſſen élémens de geometrie. Haye 1690. 12.

Nic. Ozanam, géométrie pratique. Paris 1684. 12. et Berne 1699. 8. — Deſſen traité de arpentage. Paris 1687. 12. — Deſſen traité des lieux géométriques. Paris 1687. 8. — Deſſen méthode facile pour arpenter et pour toiser exactement. Paris 1699. Second edit. 1725. 12 — Ozanam Anweiſung, wie die geradlinichten Figuren ohne Rechnung, blos geometriſch auszutheilen ſind. Nürnb. 1767. 8.

Des Hayes, la theorie et pratique du nivellement. Paris 1685. 12.

Ph. de la Hire, traite du nivellement, par Mr. Picard, avec un abrégé de la mesure de la terre. Paris 1685. 8.

Theodosii Tripolitae, sphaericorum libri III. a Christoph. Clavio. Romae 1636. 4.

Arnaud, nouveaux élémens de géometrie. Paris 1690. 8.

Gio. Pomodoro, la geometria prattica, con l'espositione di Gio. Scala. Rom. 1691. Fol.

Bernh. Nieuwentiit, considerationes circa analyseos ad quantitates infinite parvas applicatae principia. Amstel. 1994. 8. — Deſſen Analysis infinitorum. Amst. 1695. 4. — Deſſen considerationes secundae circa calculi differentialis principia. Amstel. 1696. 8.

. Euclides Elemente, erſtes und zweites Buch, griechiſch und deutſch durch Heinr. Meißner. Hamburg 1699. Fol.

Guido Grandi, Geometrica divinatio Vivianeorum problematum. Flor. 1699. 4.

Groeningii, historia cycloidis. Hamb. 1701. 4.

Jac. Milnes, sectionum conicarum elementa, nova methodo demonstrata. Oxon. 1702. 2te Aufl. 1712. 8.

Vinc. Viviani, de locis solidis divinatio geometrica, in V libros Aristaei senioris geometriae. ed. auctior Florent. 1701. Fol. et 1705. Fol. (Die erſte Aufl. 1673.) — Deſſen Aenigma geometricum de miro opificio testudinis quadrabilis hemisphaericae. Flor. 1692. 4.

A. M. Mallet, géométrie pratique. IV Vol. Paris 1702. 8.

Euclidis quae supersunt omnia ex recens. Dav. Gregorii. Oxon. 1703. Fol.

Ge. Cheynaei, fluxionum methodus inversa. Lond. 1703. 4.

Pierre Polynier, élémens de mathématique. Paris 1704. 12.

Ch. Hayes, treatise of fluxions, or introduction to mathematical and mechanical philosophy. London 1704. Fol.

J. Gooden, compendium trigonometriae planae et sphaericae. Leod. 1704. 4.

G. Rondelli, universale trigonometria lineare e logarithmica. Bologna 1705. 4.

Sherwin's, mathematical tables. London 1705. Fol. Dritte Auflage von Gardiner. Lond. 1742. Fol. Die 5te von Clarke. 1770. 8. Die 6te von Hutton. 1785. 8.

Guisné, application d'Algébre à la geometrie. Paris 1705. 4.

Apollonii Pergaei, de sectione rationis libri duo, ex Arab. lat. versi, et de sectione spatii libri duo, restit. ab E. Halley. Oxon. 1706.

Ph. Naude, Grund der Meßkunſt, in einer neuen Ordnung vorgeſtellt. Berlin 1707. 4.

Ph. de la Hire, nouveaux élémens des sections coniques. ed. augmentée. Paris 1707. 12.

Gabr. Manfredi, de constructione aequationum differentialium primi gradus. Bonon. 1707. 4.

Angeli de Marchettis, Euclides reformatus. Liburn. 1709. 4.

Bern. Lamy, élémens de géometrie, ed. augmentée. Paris 1710. 8.

Apollonii Pergaei conicorum libri octo etc. opera et studio Edm. Halley. Antw. 1710. Fol.

Guido Grandi, quadratura circuli et hyperbolae, ed secunda. Pis. 1710. 4. — Deſſelben compendio delle sectioni coniche. Firenza 1722. 12. — (Daſſelbe Werk ins Lateiniſche überſetzt von Chriſt. Aug. Hauſen.)

Is. Newton, analysis per quantitatum series, fluxiones ac differentias, cum enumeratione linearum tertii ordinis; ed. a Guil. Jones. Lond. 1711. 4.; Ed. a Jac. Stirling. Oxon. 1717. 8. — Ejusd. de quadratura curvarum, illustr. a D. Melander. Lips. 1762. 4.

Will. Jones, analysis per quantitatum series, fluxiones ac differentias, cum enumeratione linearum tertii ordinis. Lond. 1711. 4.

Carré, méthode pour la dimension des solides par l'application du calcul intégral. Paris 1711. 4.

Jac. Milnes, sectionum conicarum elementa, nova methodo monstrata. Oxon. 1712. 8.

P. M. Doria, nova methodus geometrica pro inveniendis mediis continuo proportionalibus infinitis inter duas rectas datas. Antw. 1715. 4.

Leonh. Chr. Sturm, Anweiſung zum Nivelliren. Augsburg 1715. Fol.

Clairaut, élémens de géométrie. Paris 1716. 8. Auch 1741. 12.

Jac. Stirling, illustratio tractatus Newtoni de enumeratione linearum tertii ordinis. Oxon. 1717. 8. Auch Paris 1797. 8.

Jo. Craig, de Calculo fluentium. Lond. 1718. 4.

A. Sharp, geomety improved by a table of segments of circles and a treatise of polyedra. London 1718. 4.

J. P. de Crousaz, la géométrie des lignes et des surfaces recti-lignes et circulaires. II Tom. Amst. 1718. 12.

G. F. Marquis de l'Hopital, traité analytique des sections coniques etc. Paris 1720. 4.; seconde ed. 1740. 4.

Colin Mac-Laurin, geometria organica, seu descriptio linearum curvarum universalis. Lond. 1720. 4.

J. Kresa, analysis speciosa trigonometriae sphaericae, triangulis rectilineis aliisque problematis applicata. Prag. 1720. 4.

Laur. Lorenzini, exercitatio geometrica de dimensione omnium conicarum sectionum. Florent. 1721. 4.

Epistola Pembertoni ad amicum de Cotesii inventis. 1722. 4.

Guido Grandi, compendio delle sectioni coniche. Fiorenza 1722. 12.

Roger Cotes, harmonia mensurarum et logometria edita a Rob. Smith. Cantabr. 1722. 4.

Michael Scheffelt, Unterricht vom Proportionalzirkel. Ulm 1724. 4. (älteſte Ausg. 1697. 4.) Neueſte von Scheibel verbeſſerte Aufl. Breslau 1781. 4.

Wm. Hawney, de doctrine of plain and spherical trigonometry. London 1725. 8.

Bérn. de Fontenelle, élémens de la géométrie des infinit. Paris 1727. 4.

Epistola Jo. Poleni ad Jac. Hermannum de organica curvarum tractoriae atque logarithmicae constructione etc. Patav. 1729. 4.

A. de Moivre, miscellanea analytica de seriebus et quadraturis. London 1730. 4.

Claude Rabuel, commentaires sur la géométrie de Mr. Descartes. Lyon 1730. 4.

Clairaut, recherches sur les courbes à double courbure. Paris 1731. 8.

Chr. Peſchek, ſelbſtlehrende Trigonometrie oder Dreiecksmeſſung. Budiſſin 1731 und Leipzig 1769. 8.

Joh. Friedr. Penther, praxis geometriae oder praktiſche Geometrie für alle Fälle des Feldmeſſens. Augsb. 1732. Fol. 9te Aufl. 1817. Fol.

Hausen, elementa matheseos. Viennae 1735. Fol.

Nic. de Martino, elementa sectionum conicarum. II Tomi. Neap. 1734. 8.

M. Stone, analyse des infinement petits. Paris 1735. 4.

Rob. Simson, selectionum conicarum libri quinque. Edinb. 1735. Neue Aufl. 1750. — Simſons drei Bücher von den Kegelſchnitten, überſ. von J. W. Camerer. Tübingen 1809. 8.

Wm. Gardiner, practical surveying improved Landsurveyor. London 1737. 8.

La Figure de la terre, determinée par les observations de Maupertuis, Clairaut, Camus etc. Amsterd. 1738. 8. Deutſch: Zürich 1741. 8.

Deidier, science des Géomètres, ou la théorie et la pratique de la Géométrie. Paris 1739. 4. — Ebendeſſ. la mesure des surfaces et des solides par l'arithmetique des infinis et les centres des gravités. Paris 1740. 4.

Maupertuis, le dégré du méridien entre Paris et Amiens. Paris 1740. 8. Der von Picard gemeſſene Meridiangrad zwiſchen Paris und Amiens. Zürch 1742. 8.

De Gua, usage de l'analyse de Descartes pour decouvrir les propriétés des lignes géométriques de tous les ordres. Paris 1740. 8.

Tobias Mayer, neue und allgemeine Art, alle Auf-

gaben aus der Geometrie leicht aufzulöſen, insbeſondere, wie alle Vierecke, davon ein Verhältniß ihrer Seiten gegeben, in den Cirkel geometriſch eingeſchrieben werden. Eßlingen 1741. 8.

Deparcieux, nouveaux traités de trigonometrie, accompagnés de tables des sinus etc. Par. 1741. 4.

Colin Mac Laurin, treatise of fluxions. II Vol. Ediub. 1742. 4. Franzöſiſch von Pezenas. Paris 1749. 4.; und Amſterdam 1750. 12.

James Dodson, antilogarithmic canon. Lond. 1742. 8.

Wm. Gardiner, tables of logarithms for all numbres from 1 to 102100, and for the sines and tangents to every ten seconds. London 1742. 4. Franzöſiſch: Avignon 1770. Fol.

G. F. Baermanni, elementorum Euclidis libri XV. ad usum tironum accommodati. Lips. 1743. und 1769. 8.

Rivard, trigonométrie avec la construction des tables des sinus etc. Paris 1743. 8. Neue Aufl. 1747. 8.

J. W. Zollmann, vollſtändige Anleitung zur Geodäſie oder praktiſchen Geometrie. Halle 1744 und 1774. Fol.

Leonh. Euler, methodus inveniendi lineas curvas maximi minimive proprietate gaudentes, sive solutio problematis isoperimetrici. Laus. et Geneve 1744. 4.

Th. Simpson, a treatise of Algebra, wherein the priuciples are demonstrated. London 1745. 8.

De la Chapelle, institutions de géométrie, enrichies de notes critiques et philos. sur les developpemens de l'esprit humain, avec un discours sur l'etude des mathematiques. II Tom. Paris 1746. und 1765. 8.

J. F. Unger, Beiträge zur Mathesis forensis. 2 Thle. Göttingen 1746. 4.

B. H. Rönnberg, leichte und richtige Ausmeſſung der

Fäſſer, welche nach der Länge liegen und nicht voll ſind. Wismar 1747. 4.

J. A. von Segner, Vorleſungen über die Rechenkunſt und Geometrie. Lemgo 1747 und 1767. 4.

Bouguer, la figure de la terre determinée par les observations de Bouguer et de la Condamine. Paris 1749.

Apollonii Pergaei, locorum planorum libri duo, restit. a Rob. Simson. Glasg. 1749. 4.

W. Emerson, elements of trigonometrie, containing the calculation of sines etc. the doctrine of the sphere and the principles of plain and sperical trigonometrie. Lond. 1749. 8.

Gabr. Cramer, introduction à l'analyse des lignes courbes algebraiques. Geneve 1750. 4.

De la Condamine, mesure des trois premiers degrés du méridien dans l'hémisphère austral. Paris 1751. 4.

Dav. Gregory, treatise of practical geometry, translated from the latin, with additions. Edinburgh 1751. 8.

J. J. Marinoni, de re ichnographica, cuius hodierna praxis exponitur, et exemplis illustratur. Viennae 1751. 4.

De la Chapelle, Traité des sections coniques et autres courbes anciennes. Paris 1751. 8. — De la Chapelle's Abhandlung von den Kegelſchnitten, herausgegeben von J. L. Böckmann. Carlsruhe 1791. 8.

John Lodge Cowley, geometry made easy, or an new and methodical explanation of the elements of geometry. London 1752. 8. — Deſſen Appendix to Euclids elements. Lond. 1759. 4.

Gallimard, les sections coniques et autres courbes etc. Paris 1752. 8.

G. W. Kraft, institutio geometriae sublimioris. Tubing. 1753. 4.

A. Fletcher, the universal mensurer. II Parts. London 1753. 8.

C. Walmesley, analyse des rapports et des angles, ou reduction des intégrales aux logarithmes et aux arcs de cercle. Paris 1753. 4.

Clairauts Anfangsgründe der Geometrie, aus dem Franz. überſ. von F. J. Bierling. Hamburg 1753. Neue Aufl. 1773.

J. Landen, an investigation of some theorems, wich suggest some remarkable properties of the circle etc. Lond. 1754. 8.

J. A. a Segner, elementa arithmeticae, geometriae et calculi geometrici. Halae 1756. 8. Ed. nov. 1767. Neueſte deutſche Aufl. Leipz. 1769. 8.

Thom. Simpson, élémens de géometrie. Par. 1755. 8.

Rob. Simson, Euclidis elementorum libri priores sex, item undecimus et duodecimus, sublatis iis quibus olim vitiati sunt, et quibusdam Euclidis demonstrationibus restitutis. Glasg. 1756. 4. — Auch Engliſch unter dem Titel: The elements of Euclid, the error corrected etc. Glasg. 1762. 8. 5te Aufl. 1775.

Godin et Du Séjour traité des courbes algébraiques. Paris 1756.

J. F. Polack, Mathesis forensis, worin die Rechenkunſt, Geometrie ꝛc. abgehandelt und die Anwendung auf die in der Rechtsgelehrſamkeit vorkommenden Fälle gezeigt wird. 3te Aufl. Leipzig 1756 und 1770. 4.

Sebaſt. le Clerc, Abhandlungen von der theoretiſchen und praktiſchen Geometrie. Augsburg 1756. 8.

Audierne, traité complet de trigonométrie, contenant la construction et l'usage des tables trigonometriques et des logarithmes etc. Paris 1756. 8.

Mazeas, elemens d'Arithmétique, d'Algèbre et de Géometrie, avec une introduction aux sections coniques. Paris 1758. 8. Siebente Aufl. 1788. 8.

Andr. Böhm, gründliche Anleitung zur Meßkunſt auf dem Felde. Frankfurt 1759. 4. Dritte Aufl. von J. G. J. Cämmerer. 1807. 8.

Mich. Hube, Verſuch einer analytiſchen Abhandlung von den Kegelſchnitten. Göttingen 1759. 8.

J. J. Buck, leichtere Auflöſung einiger ſchweren trigonometriſchen Aufgaben. Königsberg 1761. 4.

Is. Newton, de quadratura curvarum; illustr. a D. Melander. Lips. 1762. 4.

J. G. Pfeiffer, de curvarum algebraicarum assymptotis. 1764. — Und deſſen aequationum speciosarum resolutio per series, ope parallelogrammi Newtoniani. Tubing. 1765. 4.

Guiot, l'arpenteur forestier, ou méthode nouvelle de mesurer, calculer et construire toutes sortes de figures. Paris 1765. 8.

J. F. Weidler, Anleitung zur Markſcheidekunſt; aus dem Latein. überſ. von Füchsthaler. Wien 1765. 8.

C. Scherffer, trigonometriſcher Verſuch von der Wahl des Standes beim Feldmeſſen. Wien 1766. 8. — Deſſen Beiträge zur Meßkunſt auf der Oberfläche der Erde. Wien 1783. 8.

J. W. Kratzenſtein, praktiſche Abhandlung von Verfertigung ſchöner und akkurater Riſſe. Nürnberg 1766. 8.

Andr. Reid, on essay on logarithms. Lond. 1767.

Wm. Payne, introduction to geometry, demonstrated in a clear and easy method. Lond, 1767. 4.

Ozanam, Anweiſung wie die geradlinichten Figuren ohne Rechnung, blos geometriſch auszutheilen ſind. Nürnb. 1767. 8.

J. Steph. Stigler, Anleitung zur Markſcheidekunſt. München 1767. 8.

G. F. Brander, neuer geometriſcher Univerſal=Meßtiſch. Augsb. 1767 und 1772. 8. — Deſſen Beſchreibung eines Syſtems von Maaßſtäben. Augsb. 1772. 8. — Deſſen Beſchreibung eines Spiegelſextanten. Augsb. 1774. 8.

Jos. Torricelli, geometrica. Veron. 1769.

Jos. Liesganig, dimensio graduum meridiani Viennensis et Hungarici. Vienna 1770. 4.

Picards Abhandlung vom Waſſerwägen, mit Beiträgen von Lambert. Berlin 1770. 8.

Ginet, manuel d'arpenteur, ou l'on enseigne la trigonométrie, la géodésie, la stéréométrie, la jaugeage, et le nivellement. II Vol. Paris 1770. 8.

J. S. Klügel, analytiſche Trigonometrie. Braunſchweig 1770. 8.

J. H. Lambert, Zuſätze zu den logarithmiſchen und trigonometriſchen Tabellen. Berlin 1770. 8.

C. Scherffer, institutiones geometricae. Vindob. 1770. 4.

W. Gardiner, tables des logarithmes des nombres jusqu'à 102100 et des sinus et tangentes de 10 en 10 secondes. Avignon 1770. Fol.

J. G. Marson, les trois coups d'essai géométriques. Strasb. 1770. 4.

Apollonii Pergaei, geometrical treatise on inclinations, restored by Horsley. Oxf. 1770. and by R. Burrow. London 1780.

Adrian Vlacq, Tafeln der Sinus, Tangenten ꝛc. und der Logarithmen, herausgegeben von Ebert. Frankf. 1771. 8. Bis auf die neueſte Zeit noch öfters aufgelegt.

Apollonii Pergaei, two books concerning tangencies, by John Lawson. Lond. 1771 und 1773. 4.

John Wright, elements of trigonometry plain and spherical. Edinb. 1772. 8.

Jo. Tob. Mayer, tetragonometria specimen primum. Gotting. 1773. 4.

J. L. Hogreve, praktiſche Anweiſung zur topographiſchen Vermeſſung eines ganzen Landes. Hannov. 1773. 8.

D. L. Vollimhaus, getreue Anweiſung zu Felder- und Landtheilungen. Hannover 1773. 8. — Deſſen Anweiſung zum Landmeſſen mit Stäben und der Kette, nebſt Gebrauch der Bouſſole. Lemgo 1776. 8. — Deſſen Anweiſung zur praktiſchen Landmeſſekunſt. Hannover 1778. 8.

F. W. Marpurg, Anfangsgründe des progreſſionalfigürlichen Ziffercalculs, nebſt Conſtruction der eckigten geometriſchen Körper. Berlin 1774. 8.

Lucas Voch, Kunſt Situationsplane aufzunehmen. Augsb. 1774. 8. Dritte Aufl. 1818. 8.

F. Chr. Müller, Beſchreibung einer neuen vollkommnen Art Plane aufzunehmen und zu zeichnen. Münſter 1775. 8. — Deſſen, vom Gebrauch der Taſchenuhren bei geometriſchen Meſſungen. Berlin 1777. 8. — Deſſen theoretiſch praktiſche Abhandlung über das richtige Aufnehmen und Zeichnen der Situationscharten nach bloßem Augenmaaß. Münſter 1778. 8.

A. G. Käſtner, Anmerkungen über die Markſcheidekunſt, nebſt Abhandlung vom Feldmeſſen durch das Barometer. Göttingen 1775. 8.

Rob. Simson, opera quaedam reliqua etc. nunc primum. ed. impensis Stanhope, cura Clow. Glasg. 1776. 4.

Jo. Sam. Gehler, historiae logarithmorum naturalium primordia. Lips. 1776. 8.

J. B. Eberenz, erſte Gründe der Epicycloметrie. Frankfurt 1776. 8.

H. W. Clemm's mathematiſches Lehrbuch. 3te Aufl. Stuttgart 1776. 8.

Joh. Helfenzrieder, Anleitung zur Geodäſie. Augsb. 1776. 4. — Deſſen Abhandlungen von der Geodäſie. Augsb. 1778. 4.

G. H. Werner, ausführlicher Unterricht zur Feldmeß-

kunſt oder Scheibenmeſſung. Langenſalza 1776. 8. — Deſſen Forſtgeometrie. Langenſalza 1780. 8.

Boſsut, traité élémentaire de Géometrie. Paris 1777. 8.

Leop. v. Unterberger und Pichler, Tafel der Sinuſſe, Tangenten und Sekanten, mit ihren Logarithmen, nebſt den Logarithmen der natürlichen Zahlen von 1 bis 20,000. Wien 1777. 4.

Pezenas, théorie et pratique du jaugeage des tonneaux et des navires. Avignon 1778. 8.

L. Bertrand, developpement nouveau de la partie élémentaire des Mathématiques. II Vol. Geneve 1778. 4.

Du Sejour, traité des propriétés á toutes les courbes. Paris 1778.

J. G. Jugler, Geometria subterranea oder unterirdiſche Meßkunſt, Markſcheidekunſt genannt. Leipz. 1779. 4.

J. Fr. Keferſtein, Anfangsgründe zu praktiſch-geometriſchen Zeichnungen und Vermeſſungen. Leipz. 1779. 8.

J. C. Schwab, Euclids Data, verbeſſert und vermehrt von Rob. Simſon, a. d. Engl. überſ. mit einem Anhange. Stuttg. 1780. 8.

C. L. Reinhold, die aufs Recht angewandte Meßkunſt. Münſter 1781. 8.

B. F. Mönnich, Lehrbuch der Mathtmatik. 2 Bände. Berlin 1781. 8. Neue Aufl. 1801. 8.

J. A. Michelſen, Verſuch in ſokratiſchen Geſprächen über die wichtigſten Gegenſtände der ebenen Geometrie, nebſt Fortſetzung. 2 Bände. Berlin 1781 — 1784. 8. — Deſſen Anleitung zur Selbſterlernung der Geometrie. Berlin 1790. 8.

Wm. Auſtin, examination of the first six books of Euclids elements. Oxford and Lond. 1781. 8.

J. F. Lorenz, Euclids Elemente, 15 Bücher, aus

dem Griech. überſ. Halle 1781. 8. 4te Aufl. von Mollweide. 1818. 8.

S. Vince, elements of conic sections. London 1781. 8

Bezout, cours de mathématiques, II Parts, contenant les élémens de l'arithmetique, de la geometrie et de la trigonometrie rectiligne et sphérique. Paris 1782. 8.

C. Scherffer, theoretiſche und praktiſche Trigonometrie; a. d. Latein. Halle 1782. 8.

Everard, stereometry or the art of gauging. London 1782. 8.

Petr. Ferronii, magnitudinum exponentialium logarithmorum et trigonometriae sublimioris theoria. Florent. 1782. 4.

J. F. Lempe, gründliche Anleitung zur Markſcheidekunſt. Leipzig 1782. 8. Fortſetzung 1792. 8.

Pet. Offermann, Landmeßkunſt, nach theoretiſchen und praktiſchen Gründen. Flensburg 1782. 8.

Chr. Fr. Parrot, Anwendung der vornehmſten Theile der Mathematik auf allerlei im menſchlichen Leben vorkommende Fälle. Erlangen 1782. 8.

J. C. G. Hayne, Anweiſung wie man das militäriſche Aufnehmen nach dem Augenmaaß erlernen kann. Deſſau 1782. 8.

Ferd. Landerer, gründliche Anleitung Situationsplane zu zeichnen. Wien 1783. 4.

J. Trembley, essai de trigonométrie sphérique. Neufchatel 1783. 8.

Callet, tables portatives des logarithmes, publiées par Gardiner, augmentées par Callet. Paris 1783. 8. — Die neueſte Auflage (stéréotype) Paris 1795. 8.

Sim. l'Huilier, de relatione mutua capacitatis et terminorum figurarum. Varsov. 1783. 4.

Mart. Müller, Verſuch den Inhalt der Fäſſer durch Anwendung der Muſchellinie zu finden. Leipzig 1784. 8.

Ign. Pickel, praktiſcher Unterricht, wie man ſich bei Ausmeſſung großer Wälder zu verhalten. Augsb. 1785. 8.

K. Hutton, mathematical tables, containing common, hyperbolic and logistic logarithms, also sines, tangents, secants and versed sinus natural and logarithmic. London 1785. 8.

Aug. Bayers gründlicher Unterricht vom Bergbau, nach Anleitung der Markſcheidekunſt vermehrt und verbeſſert von J. F. Lempe. Altenburg 1785. 3.

C. F. Wurſter, Einleitung zur praktiſchen Feldmeßkunſt und Viſirkunſt. Tübingen 1786. 8.

J. H. van Swinden, theoremata geometrica, accedunt problematum geometricorum libri quinque. Amstel. 1786. 8.

A. Bürja, der ſelbſtlehrende Geometer. Berlin 1787. 8. Neue Aufl. 1801. 8.

Th. Bugge, Beſchreibung der Ausmeſſungsmethode, welche bei den däniſchen geographiſchen Charten angewendet worden; a. d. Dän. überſ. von Aſter. Dresden 1787. 4. — Deſſen theoretiſch praktiſche Anleitung zum Feldmeſſen; a. d. Dän. überſ. von L. H. Tobieſen. Altona 1798. 8.

Duhamel, géométrie souterraine élémentaire. II Tom. Paris 1787. 4.

Ch. L. Schübler, Räſonnements über Anwendung der Algebra, Geometrie und Trigonometrie. Leipzig 1788. 8. — Deſſen Betrachtungen über den Conusſchnitt der Hyperbel. Mannheim 1793. 8.

C. W. Hennert, kurze Anweiſung zu einigen geometriſchen Hülfsmitteln ꝛc., für Forſtleute. Berlin 1789. 8.

Sim. l'Huilier, polygonométrie et abrégé d'isoperimetrie élémentaire. Geneve et Paris 1789. 4.

G. J. de Metzburg, trigonometria. Viennae 1789. 8.

J. L. Späth, analytiſche Unterſuchungen über die Zuverläſſigkeit, Winkel und Linien vermittelſt verſchiedener geometriſchen Werkzeuge abzumeſſen. Nürnberg 1789. 4. — Deſſen Geodäſie, oder Anweiſung zum Feldmeſſen. 2 Bde. Nürnb. 1790. 8.

J. G. Buſſe, von den nöthigen Kenntniſſen zur Körpermeſſung, nebſt Viſirkunſt. Leipzig 1790. 8.

J. Meinert, Anweiſung zum Nivelliren und Profiliren. Halle 1790. 8.

Joh. Schultz, Anfangsgründe der reinen Matheſis. Königsberg 1790. 8.

W. Pfaff, Taſchenbuch zu richtiger Berechnung des Inhalts der Stämme. Gießen 1791. 8.

De la Chapelle, Abhandlung von den Kegelſchnitten; herausgegeben von J. L. Böckmann. 2te Aufl. Carlsruhe 1791. 8.

A. G. Käſtner, geometriſche Abhandlungen. 2 Bände. Göttingen 1791. 8.

J. L. J. v. Gerſtenberg, Anleitung zur geſammten praktiſchen Meßkunſt. Jena 1792. 8.

Archimedis opera omnia, graece et latine, ex recens. Torricelli, ed. Robertson. Oxoniae 1792. Fol.

Conicarum sectionum libri septem, auct. Abram. Robertson. Oxon. 1792. 4.

J. F. v. Oppen, Anfangsgründe der Arithmetik und Geometrie für die, welche ſich dem Forſtweſen widmen. Berlin 1792. 8. Dritte Aufl. 1804. 4.

C. Chr. Voigt, neueſte Verſuche zur Erleichterung der praktiſchen Geometrie. Leipzig 1792. 8. — Deſſen neue praktiſche Entdeckungen in der Geometrie. Quedlinburg 1793. 8.

Nik. Voigtel, Geometria subterranea oder Markſcheidekunſt. Neueſte Aufl. Leipzig 1793. Fol.

G. Freih. v. Vega, logarithmiſch-trigonometriſches

Handbuch, anſtatt der kleinen Blacq'ſchen, Wolfiſchen und andern Tafeln. Leipzig 1793. 8. Vierte Aufl. 1817. 8.

Chriſtiani, Lehre von der ökonomiſchen und geometriſchen Theilung der Felder, nach Nills Morvilles Däniſchen bearbeitet. Göttingen 1793. 8.

J. A. Eytelwein's Aufgaben aus der angewandten Mathematik zur Uebung der Analyſis für angehende Feldmeſſer, Ingenieurs und Baumeiſter. Berlin 1793. 8.

F. G. Schleicher, Beiträge zur praktiſchen Meßkunſt. Frankf. a. M. 1793. 8.

J. L. Hogreve, praktiſche Anweiſung zum planimetriſchen Vermeſſen der Feldmarken. Hannover 1794. 4. — Deſſen theoretiſche und praktiſche Anweiſung zur militäriſchen Aufnahme oder Vermeſſung im Felde. Zweite Auflage. Hannover 1797. 8. (1te Aufl. 1785.)

J. G. Prändl, Geometrie und Trigonometrie. München 1794. 8.

Fr. Meinert, Anfangsgründe der Feldmeßkunſt. Halle 1794. 8.

Ge. Baro de Vega, thesaurus logarithmorum completus. Lips. 1794. Fol.

Ge. Adam's geometriſche und graphiſche Verſuche oder Beſchreibung der Inſtrumente, deren man ſich in der geometriſchen Civil- und Militärmeſſung bedient; a. d. Engl. von J. G. Geißler. Leipz. 1795. 8.

J. C. Fiſcher, Anfangsgründe der höhern Geometrie. Jena 1796. 8.

F. K. Hartig, Beſchreibung eines wohlfeilen Winkel-Inſtruments, welches als Aſtrolabium, Meßtiſch, Bouſſole, Dendrometer und Waſſerwaage geſtellt und bei allen Meſſungen vortheilhaft gebraucht werden kann. Frankf. 1796. 8.

H. C. W. Breithaupt, über den Gebrauch verſchiedener neuer Inſtrumente zur Feldmeßkunſt. Caſſel 1796. 8. — Deſſen neue Zeichen- und Vermeſſungs-Inſtrumente. Hannover 1812. 8.

J. G. F. Maaß, Grundriß der reinen Mathematik. Halle 1796. 8.

Apollonius von Pergå ebene Oerter, wiederhergeſtellt von Schooten und Rob. Simſon; a. d. Latein. überſ. und mit einer Sammlung geometriſcher Aufgaben begleitet von J. W. Camerer. Leipzig 1796. 8. — Auch Apollonii de tactionibus quae superſunt, cum Vietae restitutione, ab J. G. Camerer. Gothae 1795. 8.

Praktiſche Anweiſung, allerlei Arten von Gefäßen, ſowie runde, ovale und viereckigte Fäſſer zu viſiren. 2te Aufl. Nürnberg 1796. 8.

Placidi Heinrich, de sectionibus conicis tractatus analyticus. Ingolst. 1797. 8.

J. K. F. Hauff, Ueberſetzung von Euclids Elementen, nämlich des erſten bis ſechſten und des eilften und zwölften Buchs. Marburg 1797. 8. Neue Aufl. 1780. 8.

J. W. Müller, Commentar über zwei dunkle mathematiſche Stellen in Plato's Schriften, im Theatet und Meno. Nürnb. 1797. 8.

J. E. Vierenklee's Anfangsgründe der theoretiſch-praktiſchen Geometrie. Neue Aufl. von F. Meinert. Leipz. 1797. 8.

L. W. Gilbert, die Geometrie nach Legendre, Simſon, van Swinden, Gregorius a St. Vincentio und den Alten vorgetragen. Halle 1798. 8.

K. F. Hauber, Archimeds zwei Bücher über Kugel und Cylinder, nebſt deſſen Kreismeſſung; a. d. Griech. überſ. und mit Anm. nebſt einem Anhange von Sätzen aus Valerius, Tacquet und Torricelli. Tübingen 1798. 8.

N. Th. Reimer, historia problematis de cubi duplicatione. Gotting. 1798. 8.

Jo. Pasquich, elementa analyseos et geometriae sublimioris. Lips. 1799. 8.

J. A. Matthias, Auszug aus Rob. Simſons

Ueberſetzung der erſten ſechs Bücher und des eilften und zwölften Buchs der Elemente des Euclides ꝛc. Magdeburg 1799. 8.

Anweiſung, wie ökonomiſche und militäriſche Situationscharten nach beſtimmten Grundſätzen zu zeichnen ſind. Berl. 1799. 8.

F. Burkhard, Anwendung der combinatoriſchen Analytik auf die Beſtimmung der trigonometriſchen Linien der Summen mehrerer Winkel. Erfurt 1799. 8.

J. Ph. Hobert und L. Ideler, neue trigonometriſche Tafeln für die Decimal=Eintheilung des Quadranten. Berlin 1799. 8.

G. A. Däzel, über die zweckmäßigſte und zuverläſſigſte Methode, große Waldungen zu meſſen. München 1799. 8. 2te Aufl. von G. W. Neebauer. 1819. 8.

G. A. Dätzel, Anfangsgründe der Geometrie oder der analytiſchen Trigonometrie und Polygonometrie. München 1800. 8.

C. G. Zimmermann, kurze Darſtellung der ſpäriſchen Trigonometrie, mit Anwendung auf die Berechnung der Lage der Himmelskörper. Berlin 1800. 8. 2te Aufl. 1810. 8.

Gasp. Monge, feuilles d'Analyse, appliquée à la géometrie. Paris 1801. Fol. — Ebendeſſ. application de l'algèbre à la géométrie. Paris 1805. 4. — Ebendeſſ. application de l'analyse à la géométrie. II Part. Paris 1807. 8.

C. F. Pfleiderer, vollſtändige ebene Trigonometrie. Tübingen 1802. 8. — (Deſſen Analysis triangulorum. II Partes. Tübing. 1785.)

S. F. Lacroix, essais de géométrie sur les plans et les surfaces courbes etc. Paris 1802. 8.

J. B. Biot, traité analytique des courbes et des surfaces du second dégré. Paris 1802. 8. Neue Aufl. unter dem Titel: Essai de géométrie analytique. Paris 1805. 8. Und ins Deutſche überſ. von Ahrens. 1817. 8.

Chr. Fr. Rüdiger, Anweiſung zur Berechnung ebe= ner und ſphäriſcher Dreiecke. Zweite Aufl. Leipz. 1802. 8.

A. M le Gendre, élémens de géométrie etc. 4te Aufl. Paris 1802. 8.

Joh. Schultz, ſehr leichte und kurze Entwickelung einiger wichtigen mathematiſchen Theorien. Königsb. 1803. 4.

Fr. Meinert, der gemeinnützige Feldmeſſer. Leipzig 1803. 4.

J. P. Pöhlmann, die Anfangsgründe der Geometrie, als Stoff zu Denk= und Sprechübungen. 3 Bände. Fürth 1804 — 1814. 8.

J. Schön, Lehrbuch der ebenen und ſphäriſchen Trigo= nometrie. Bamberg 1804. 8.

C. Chr. Romerdt, theoretiſch=praktiſcher Selbſt= unterricht in der Meßkunſt ꝛc. Erfurt 1804. 8.

D. Gilly, Anleitung zur Anwendung des Nivellirens oder Waſſerwägens. 2te Aufl. Berlin 1805. 4.

G. Große, Korolarien zur praktiſchen Geometrie, ein= zelne Feldmarken zu meſſen und zu vertheilen. Halle 1805. 8.

S. F. Lacroix, Anfangsgründe der ebenen und ſphä= riſchen Trigonometrie; a. d. Franzöſ. von E. M. Hahn. Berlin 1805. 8. — Deſſen Anfangsgründe der Geometrie; überſ. von Hahn. Berlin 1805. 8. Und weitere Ausfüh= rung der Geometrie, überſ. von Hahn. Berlin 1806. 8.

J. A. Braun, Beſchreibung eines bequemen Dendro= meters oder Baummeſſers. Celle 1805. 4.

F. W. Schnell, Sammlung von 66 Uebungsaufgaben aus der Lehre vom Größten und Kleinſten. Gießen 1805. 8. Zuſätze dazu 1810. 8.

Exposition des opérations faites en Lapponie pour la détermination d'un arc du méridian en 1801, 1802, 1803, par Oefverbom, Svanberg, Helmquist et Palander. Stockholm 1805. 8.

D. Gilly, Anleitung zur Anwendung des Nivellirens oder Waſſerwägens. 2te Aufl. Berlin 1805. 4.

Meyer Hirſch, Sammlung geometriſcher Aufgaben. 2 Theile. Berlin 1805. 8.

Ferd. Schwein's Geometrie, nach einem neuen Plane bearbeitet. Göttingen 1805. 8.

C. Seweloh, über Gemeinheitstheilungen. Hildesheim 1805. 8.

L. Puissant, Traité de géodésie etc. Paris 1805. 4. — Deſſen Traité de topographie, d'arpentage, et de nivellement. Paris 1807. 4.

L. Puiſſant, Sammlung verſchiedener Aufgaben der Geometrie ꝛc.; a. d. Franzöſ. überſetzt von Hahn. Berlin 1806. 8.

C. A. W. v. Liebhaber, Anleitung zur forſtwiſſenſchaftlichen Meßkunde und Forſttaxation. Helmſtädt 1806. 4.

M. Reder, Ueberſetzung der kritiſchen Anmerkungen und Zuſätze über die Euclidſchen Elemente von Rob. Simſon. Paderborn 1806. Neue Aufl. 1815. 8.

Base du system métrique decimal, ou mesure de l'arc du méridien compris entre les parallèles de Dunkerque et Barcellone, exécutée en 1792. et années suivantes par M. M. Méchain et Delambre. II Vol. Paris 1806. 4.

F. G. Buſſe, Unterricht in der Geometrie. Leipzig 1806. 8.

J. J. J. Hoffmann, Critik der Paralleltheorie. Jena 1807. 8.

Gasp. Monge, application de l'Analyse à la géométrie, à l'usage de l'école polytechnique. II Vol. Paris 1807. 8.

J. C. Fiſcher, Grundriß der geſammten reinen höhern Mathematik. 3 Bände. Leipzig 1807—1809. 8.

J. F. Otto, Anweiſung zur praktiſchen Geometrie für Feldmeſſer. Neue Aufl. Gotha 1807. 8.

C. J. Humbert, Anweiſung zur Situationszeichnung. 3te Aufl. Potsdam 1808.

Joh. Ephr. Scheibel, zwei mathematiſche Abhandlungen: 1) Vertheidigung der Parallelentheorie des Euclids, 2) über die trigonometriſchen Linien. Breslau 1808. 8.

H. W. Brandes, Lehrbuch der Arithmetik, Geometrie und Trigonometrie. 2 Bände. Oldenburg 1808. 8.

L. N. M. Carnot, Geometrie der Stellung; überſ. von H. C. Schumacher. 2 Theile. Altona 1808. 8.

J. Wiechota, die Elementargeometrie. 3 Theile. Breslau 1808. 8.

J. Schön, Lehrbuch der reinen Geometrie. Nürnb. 1808. 8.

D. Uhlhorn, Entdeckungen in der höhern Geometrie. Oldenburg 1809. 4.

J. H. Böbel, praktiſche Feldmeßkunſt für Land= und Feldmeſſer. 4te Aufl. Tübingen 1809. 8. — Deſſen 2ter Theil. 1818. 8.

Joſ. Schmid, die Elemente der Form und Größe, nach Peſtalozzi. 3 Theile. Heidelberg 1809. 8.

L. Lüders, Pythagoras und Hypatia oder die Mathematik der Alten. Altenburg 1809. 8.

Rob. Simſon, drei Bücher von den Kegelſchnitten, überſetzt von J. W. Camerer. Tübingen 1809. 8.

J. F. Ladomus, Beitrag zur Methodik in der neuen Mathematik, insbeſondere zur Beurtheilung der Langsdorfſchen Theorie des Raums. Mannheim 1809. 8.

F. W. Snell, Handbuch der reinen Mathematik. 2 Bände. Gießen 1810. 8.

J. L. Späth, die Viſirkunſt. Nürnberg 1810. 8.

Fr. v. Spaun, praktiſcher Beitrag zu topographiſchen Vermeſſungen, mit Bemerkungen über die Methoden des Delambre. Nürnberg 1810. 8.

F. Schwein's Handbuch der Geodäſie. Gießen 1811. 8.

J. G. Studer, Beſchreibung der verſchiedenen Zeichen= und Vermeſſungsinſtrumente. Dresden 1811. 8.

J. P. Grüſon, Geodäſie oder Anleitung zur Feldvertheilung. Halle 1811. 8.

J. G. Lehmann, Lehre der Situationszeichnung oder Anweiſung zum richtigen Erkennen und genauen Abbilden der Erdoberfläche in Charten und Planen. 2 Theile. Dresden 1812. Fol. — Dritte Aufl. 1819. 4. — Der zweite Theil auch unter dem Titel: Lehmanns Anleitung zum vortheilhaften und zweckmäßigen Gebrauch des Meßtiſches, herausgegeben von G. A. Fiſcher. 1812. 4. Zweite Aufl. 1816. 4.

J. Lindner, logarithmiſch-trigonometriſches Taſchenbuch. Leipzig 1812. 8.

H. W. C. Breithaupt, neue Zeichen- und Vermeſſungsinſtrumente. Hannover 1812. 8.

J. F. Benzenberg, vollſtändiges Handbuch der angewandten Geometrie für Feld- und Landmeſſer, Markſcheider, Forſtbeamte und zum Schulunterricht. Düſſeldorf 1813. 8.

J. P. Brewer, Anfangsgründe der ſphäriſchen Trigonometrie. Düſſeldorf 1813. 8.

Joh. Tob. Mayer, gründlicher und ausführlicher Unterricht zur praktiſchen Geometrie. 5 Theile. 4te Auflage. Göttingen 1814—1818. 8. — Der 4te Theil auch mit dem beſondern Titel: Anweiſung zur Verzeichnung der Land-, See- und Himmelscharten; und der 5te: Anleitung zur praktiſchen Stereometrie. (Die erſte Auflage der 3 erſten Theile Göttingen 1778. 8.)

G. Winkler, Lehrbuch der Geometrie. Wien 1814. 8.

C. G. Zimmermann, Anfangsgründe der Geometrie. 2te Aufl. Berlin 1814. 8.

C. Chr. Langsdorf, Einleitung in das Studium der Elementar-Geometrie ꝛc. Mannh. und Heidelb. 1814. 8.

M. Magold, Lehrbuch der Elementar-Geometrie und Trigonometrie. Landshut 1814. 8.

C. B. Mollweide, commentationes mathem. tres, sistentes explicationem duorum locorum, alterius Virgilii, alterius Platonis. Lips. 1814. 8. — Deſ-

ſelben de quadratis magicis commentatio. Lips. 1816 4.

G. U. A. Vieth, Lehrbuch der reinen Elementar-Mathematik. 3te Aufl. Leipzig 1815. 8.

J. L. Späth, die höhere Geodäſie. München 1816. 8.

M. Metternich, vollſtändige Theorie der Parallellinien. Mainz 1815. 8.

J. A. P. Bürger, vollſtändige Theorie der Parallellinien ꝛc. Carlsruhe 1816. 8.

J. G. Zobel und J. Müller, Beſchreibung einer Flächenberechnungs- und Theilmaſchine. München 1816. 4.

F. Raupach, Theorie der geographiſchen Netze. Liegnitz 1816. 8.

F. W. Streit, Lehrbuch der reinen Mathematik für den Selbſtunterricht. 6 Theile. Weimar 1816 — 1820. 8.

F. W. Sternikel, praktiſche Feld-Eintheilung ꝛc. Sondershauſen 1816. 2te Aufl. 1818. 4.

C. A. Nilſon, gründliche Anleitung zur geſchickten Führung des Cirkels, Lineals und Dreiecks. Nürnb. 1816. 8.

G. S. Ohm, Grundlinien zu einer zweckmäßigen Behandlung der Geometrie, als höhern Bildungsmittels. Erlangen 1817. 8.

W. v. Türk, Leitfaden zur Behandlung des Unterrichts in der Formen- und Größenlehre. Berlin 1817. 8. 2te Aufl. 1820. 8.

Romershauſen, Diaſtemeter oder Beſchreibung eines neuen Inſtruments, das alle Entfernungen aus einem einzigen Standpunkte mißt. Berlin 1817. 8.

G. Winkler, Lehrbuch der Geometrie für Forſtakademien. 2 Theile. Wien 1817. 8.

J. G. Zobel, Anleitung zum genauen Trianguliren mit dem Meßtiſch. München 1817. 8.

Franz Graf Teleky, die Spiegelſcheibe, ein neues Inſtrument zur Winkelmeſſung. Wien 1817. 8.

J. J. J. Hoffmann, die Quadratur der Parabel

des Archimedes. Mainz 1817. 4. — Deſſen Grundlehren der Algebra, höhern Geometrie und Infiniteſimalrechnung. Gießen 1817. 8.

C. Chr. Langsdorf, leichtfaßliche Anleitung zur Analyſis endlicher und unendlicher Größen, und zur höhern Geometrie ꝛc. Mannheim 1817. 8.

Marſchall von Bieberſtein, Vorſchriften zu militäriſchen Situationsgleichungen. 4te Aufl. Berlin 1817. 4. — Deſſelben Anweiſung zum Situationszeichnen, nach der ſächſiſchen Manier. Berlin 1818. 4.

H. C. Chr. Freſenius, ganz neue möglichſt kurze und leichte Methode, den körperlichen Inhalt walzen= und kegelförmiger, wie auch vierkantiger Hölzer zu berechnen ꝛc. Heidelberg 1817. 8.

J. Schuſter, Theorie der Aehnlichkeit der Figuren, neu erwieſen und erweitert. — Deſſelben, der pythagoriſche Lehrſatz potenzirt. Salzb. 1817. 8.

Bern. Bolzano, die drei Probleme der Rectification, Complanation und Cubirung ohne Betrachtung des Unendlichkleinen und ohne Archimeds Annahme gelöſet. Leipzig 1817. 8.

J. B. Biot, Verſuch einer analytiſchen Geometrie, angewandt auf die Flächen und Curven zweiter Ordnung, überſ. von Ahrens. Nürnberg 1817. 8.

J. F. Ladomus, geometriſche Conſtructionslehre. Carlsruhe 1817. 8.

A. H. C. Gelbke, Lehrbuch über die vornehmſten Aufgaben aus der Ebenen= und Körper=Geometrie. Leipzig 1818. 8.

E. M. Hahn, vollſtändiges Lehrbuch der ebenen Geometrie und Trigonometrie ꝛc. Breslau 1818. 8.

A. L. Crelle, vom Cathetometer, einem neuen genauen und wohlfeilen Winkelinſtrument. Berlin 1818. 4.

E. Devely's Anfangsgründe der Geometrie in einer natürlichen, und nach einem durchaus neuen Plane; a. d. Franz. überſ. von E. F. Deyhle. Stuttg. 1818. 8.

J. Reſſel, Anleitung zur ſchnellen und richtigen Flächenberechnung. Wien 1818. 8.

C. G. Zimmermann, Grundriß der reinen Mathematik für das bürgerliche Leben. 2 Theile. Berlin 1818. 8.

Franz v. Spaun, Anleitung zur Conſtruction aller Probleme der ſphäriſchen Trigonometrie. München 1818. 4. — Deſſen Anleitung zur geradlinichten Trigonometrie und zur Arithmetik der Sinuſſe durch die Conſtructionsmethode. München 1818. 4.

J. P. Grüſon, bequeme logarithmiſche und trigonometriſche Tafeln. Berlin 1818. 8.

G. G. Schmidt, die ebene und ſphäriſche Trigonometrie. Gießen 1818. 8.

C. Paulus, Anweiſung zur geometriſchen Zeichnungslehre, nach mathematiſchen Grundſätzen. 2 Theile. Prag 1818. 8.

G. A. Fiſcher, Lehrbuch zum erſten Unterricht in der Geometrie für das Geſchäftsleben. Dresden 1818. 8.

G. S. Klügel, Anfangsgründe der Arithmetik, Geometrie und Trigonometrie. 6te von Zimmermann verbeſſerte Aufl. Berl. 1819. 8. Die erſte Aufl. vom Jahr 1782. 8.)

J. J. J. Hoffmann, geometriſche Wiſſenſchaftslehre. Jena 1819. 8.

G. A. Fiſcher, Lehrbuch der ebenen und ſphäriſchen Trigonometrie für das Geſchäftsleben. Leipzig 1819. 8.

J. J. J. Hoffmann, der pythagoriſche Lehrſatz mit 32 theils bekannten, theils neuen Beweiſen. Mainz 1819. 4. — Deſſen ſtereometriſche Anſchauungs- und Wiſſenſchaftslehre; eine Anleitung zum leichten und gründlichen Studium der Stereometrie. Mainz 1820. 8.

J. W. Müller, mathematiſche und hiſtoriſche Beiträge und Ergänzungen zu Hoffmann's neueſter Schrift: der pythagoriſche Lehrſatz mit 32 Beweiſen. Nürnberg 1819. 8. — Deſſen ausführliche evidente Theorie der Parallellinien. Nürnberg 1819. 8.

G. L. König, supplementa in Euclidem. Hamb. 1819. 4.

M. Ohm, Elementargeometrie und Trigonometrie. Berlin 1819. 8. — Deſſen kritiſche Beleuchtungen der Mathematik überhaupt und der Euclidſchen Geometrie insbeſondere. Berlin 1819. 8.

G. Winkler, Anweiſung zum Gebrauch der Pantographen oder Storchſchnäbel. 2te Aufl. Wien 1819. 8.

G. A. Fiſcher, Lehrbuch der ebenen und ſphäriſchen Trigonometrie für das Geſchäftsleben, als Ergänzung der Lehmannſchen Anleitung zum zweckmäßigen Gebrauch des Meßtiſches, für ausgedehntere topographiſche Vermeſſungen. Leipzig 1819. 8.

C. F. Michaelis, Mittheilung eines Vortheils beim Nivelliren. Leipzig 1819. 8.

L. Bleibtreu, Theilungslehren, oder Anleitung, jede Grundfläche geometriſch zu theilen. Frankf. a. M. 1819. 8.

C. L. Lehmus, die erſten einfachſten Grundbegriffe der höhern Analyſis und Curvenlehre. Berlin 1819. 8.

J. W. Hoßfeld, niedere allgemeine Mathematik für alle Stände ꝛc. 2 Bände. Gotha 1819 u. 1820. 8.

G. F. Pohl, die Kugelfläche als mathematiſches Conſtructionsfeld, im Gegenſatz der Ebene, oder die Geometrie und Trigonometrie auf der Sphäre. Berlin 1819. 4.

J. W. Müller, ausführliche und praktiſche Anweiſung zur leichten und richtigen Berechnung der zur Forſtgeometrie und Viſirkunſt gehörigen Aufgaben, mit Tabellen. 2te Aufl. Nürnberg 1819. 8. -- Deſſen gemeinfaßlicher Unterricht, den Inhalt cirkelrunder und ovaler Fäſſer, an denen die erforderlichen Stücke mit einem gewöhnlichen Maaßſtab gemeſſen ſind, durch bloße Addition in baierſchen Eimern leicht zu berechnen. Augsburg 1820. 8.

L. Lyncker, Anleitung zum Situationszeichnen. Darmſtadt 1819. 4.

A. Schulz-Montanus, ſyſtematiſches Handbuch der geſammten Land- und Erdmeſſung. 2 Theile. Berlin 1819. 8.

J. L. Späth, praktiſche Geometrie. Nürnb. 1819. 8.

J. F. Schiereck, Polygonometrie, oder ausführliche Anweiſung zur Berechnung aller aus dem Umfang gemeſſener Figuren, durch Beiſpiele erläutert. Gießen 1820. 8.

J. Kroymann, Lehrbuch der gemeinnützigen Geometrie. Altona 1820. 8.

F. W. Netto, Handbuch der geſammten Vermeſſungskunde ꝛc. Berlin 1820. 8.

J. C. Fiſcher, reine Elementar-Mathematik, nach Gründen der kritiſchen Philoſophie. Leipzig 1820. 8.

E. G. Fiſcher, Lehrbuch der ebenen Geometrie für Schulen ꝛc. Berlin 1820. 8.

K. L. Struve, Theorie der Parallellinien. Königsb. 1820. 8.

F. A. W. Dieſterweg, geometriſche Combinationslehre. Elberfeld 1820. 8.

A. L. Crelle, Sammlung mathematiſcher Aufſätze und Bemerkungen. 2 Bände. Berlin 1821—22. 8.

A. M. Legendre, Elemente der Geometrie, der ebenen und ſphäriſchen Trigonometrie ꝛc.; überſ. von A. L. Crelle. Berlin 1821. 8.

M. Metternich, geometriſche Abhandlungen über die Theilung des Dreiecks durch drei Linien nach beſtimmten Richtungen ꝛc. Mainz 1821. 4.

E. F. Hauber, chrestomathia geometrica etc.; nebſt einem Anhange aus Pfleiderers Papieren ꝛc. Stuttgart und Tübingen 1821. 8.

J. P. Brewer, Lehrbuch der Geometrie und ebenen Trigonometrie ꝛc. Düſſeldorf 1822. 8.

C. Nizze, Geometrie. 2 Theile. Prenzlau 1822. 8.

G. G. Schmidts, Anfangsgründe der Mathematik. 2 Bände. 3te Aufl. Frankfurt a. M. 1822. 8.

J. J. J. Hoffmann, geometriſche Anſchauungslehre.

2te Aufl. Mainz 1823. 8. — Deſſen Grundanſchauungen der Geometrie. Mainz 1823. 8.

Lagrange's mathematiſche Werke; deutſch herausgegeben von A. L. Crelle. 2 Bände. Berlin 1823. 8.

J. Leslie, geometriſche Analyſis; a. d. Engl. überſ. von J. P. Grüſon. Berlin 1823. 8.

H. Umpfenbach, analytiſche Geometrie, oder Lehre von den krummen Linien ꝛc. 2 Theile. Mainz 1823. 8.

Ad. Burg, Anfangsgründe der analytiſchen Geometrie. Wien 1824. 8.

J. P. W. Steins geographiſche Trigonometrie. Mainz 1824. 4.

J. A. Eytelweins Grundlehren der höhern Analyſis. 2 Theile. Berlin 1824. 4.

D. F. Hecht, einfache Conſtruction zur Beſtimmung der Kreuzlinie zweier Gänge ꝛc. Leipzig 1825. 8. — Deſſen von den quadratiſchen und kubiſchen Gleichungen, von den Kegelſchnitten ꝛc. Leipzig 1825. 8.

Prudlo, Lehrbuch der körperlichen Geometrie oder die Stereometrie ꝛc. Breslau 1825. 8.

C F Jacobi, de triangulorum recteliniorum proprietatibus quibusdam, nondum satis cognitis. Lips. 1826. 8.

J. F. Kroll, Aufgaben über Dreiecke, worin Summen und Differenzen von Seiten und Winkeln gegeben ſind. Halle 1826. 8.

Adam Burg, Handbuch der Trigonometrie. Wien 1827. 8.

A. L. Crelle, Handbuch des Feldmeſſens und Nivellirens in den gewöhnlichen Fällen. Berlin 1827. 8.

S. F. Lacroix, Handbuch der Meßkunſt, oder Anleitung zum Feldmeſſen und Aufnehmen; a. d. Franz. mit Anmerk. von E. S. Unger. Gotha 1827. 8.

M. Ohm, algebraiſche, geometriſche und trigonometriſche Uebungen ꝛc. Berlin 1827. 8.

III.

Schriften über die mechanischen Wissenschaften.

Diadochi Procli, dissertatio de motu, graece et latine. Paris 1542. 4.

Nicol. Cusani, de staticis experimentis dialogus; in Vitruvii Pollionis de architectura Libris X. Strasb. 1550. 4.

Hier. Cardani, de rerum varietate Libri XVII. Basil. 1558. Fol.

Fr. Commandini, liber de centro gravitatis solidorum. Bonon. 1565. 4.

Hieron. Cardani, opus novum de proportionibus numerorum, motuum, ponderum etc. Basil. 1570. Fol.

Heronis, mechanici, liber de mechanicis bellicis, ed. Fr. Barocio. Venet. 1572. 4.

Heronis Alexandrini πνευματικῶν, sive spiritalium liber ed. Commandin. Paris 1575. 4. Auch ed. Amstel. 1680. 4.

Guido Ubaldi, mechanicorum libri VI. Pisauri 1577. et Venet. 1615. Fol.

Jac. Bessoni, theatrum instrumentorum et machinarum. Lugd. Bat. 1578. Fol. et Gen. 1582. Fol.

Guidon. Ubaldi e Marchionibus Mont. in duos Archimedis aequiponderantium libros paraphrasis, scholiis illustrata. Pisaur. 1588. Fol.

Aristotelis Mechanica, graece et latine cum commentariis Henr. Monantholii. Paris 1589 et 1599. 4. Auch Lugd. Bat. 1600. et Bonon. 1615. 4.

Simon Stevin, Beghinselen der Wegkonst. Amst. 1596. 4.

Joh. Bapt. Portae, pneumaticorum libri tres. Neap. 1601. 4.

Marino Ghetaldi, Archimedes promotus. Amſtel. 1603. 4.

Levini Hulsii, drei Tactate der mechaniſchen und mathematiſchen Inſtrumente. 3 Thle. Frankf. 1603—1608. 4.

Lucas Valerius, de centro gravitatis solidorum libri tres. Romae 1604 und 1661. 4.

Heinr. Zeiſing, Theatrum machinarum. 6 Theile. Leipzig 1608—1613. 4.

Opera Archimedis, per Dav. Rivaltum. Paris 1615. Fol. pag. 487 sq. Von der Hydroſtatik.

Eine mathematiſche neue Invention einer ſehr nützlichen Hand= und Hausmühle, durch Johann Faulhaber. Augsburg 1616. 8.

Rob. Fludd, utriusque cosmi historia. Openh. 1618. Fol.

Jacob, künſtlicher Abriß allerhand Waſſerkünſte und Mühlen. 2 Theile. Frankfurt 1618. Fol.

Augustin de Ramellis, Mesanzana thesaurus artium mechanicarum, oder Schatzkammer mechaniſcher Künſte. Leipzig 1620. Fol.

Bern. Baldi, in mechanica Aristotelis problemata exercitationes. Mogunt. 1621. 4.

J. Faulhaber, mechaniſche Verbeſſerung einer alten Roßmühle. Ulm 1625. 4.

Jo de Guevara, in Aristotelis mechanicas commentarii. Rom. 1627. 4.

Les oeuvres mathematiques de Simon Stevin de Bruges, par Alb. Girard. Leyde 1634. 4.

Paul. Guldinus, de centro gravitatis libri quatuor. Viennae 1635. Fol.

Gal. Galilei, discorsi e dimonstrazioni matematiche intorno a due nuove scienze attenerti alla mecanica, ed. a i movimenti locali. Amst. 1638. 4.

Evang. Torricelli, de motu gravium et naturaliter projectorum liber. Florent. 1644. 4.

Marini Merſenni, tractatus mechanicus. Paris 1644. 4. — Deſſelben universae matheseos synopsis, qua continentur Euclidis elementa et mechanicorum libri II. Paris 1644. 4.

Zeiſing, Theatrum machinarum. Leipz. 1646. 8.

Baliani, de motu naturali gravium. Gen. 1646. 4.

Pascal, Expériences nouvelles touchant le vide etc. Paris 1647. 4.

Aristotelis mechanica, item problema mathem. de motu navigii ex remis, in deſſen Operibus. Paris 1654. Fol. et cum explicationibus Mauri. Rom. 1668. 4.

J. B. Barrateri, architettura d'acque. Piacenza 1656. Fol.

Gasp. Schotti, mechanica hydraulico-pneumatica. Herbipol. 1657. 4.

Jo. Wallisii, mechanica seu de motu tractatus geometricus. III Partes. Lond. 1660. et Oxon. 1670. 4. — Deſſen tractatus de percussione. Oxon. 1699. 4.

Andr. Jungenickel, clavis machinarum oder Schlüſſel zur Mechanica. Nürnberg 1661. 4.

Steph. de Angelis, accessiones ad stereometriam et mechanicam, pars prima etc. Venet. 1662. 4.

Gasp. Schotti, techica curiosa, sive mirabilia artis libris XII. comprehensa. Lips. 1664. 4.

J. A. Borelli, de motu animalium. II Vol. Lugd. Bat. 1685. 4. et 1710. 4. — Deſſen tractatus de vi percussionis. II Vol. Lugd. Bat. 1666 und 1686. 4

Alex. Marchetti, exercitationes mechanicae. Pis. 1669. 4.

Rob. Boyle, paradoxa hydrostatica. Amstel. 1670. 12. et Geneve 1680. 4.

G. A. Boeckler, theatrum machinarum novum, d. i. neu vermehrter Schauplatz der mechaniſchen Künſte, handelt von Mühl- und Waſſerwerken. Nürnberg 1673. Fol.

Chr. Hugenii, horologium oscillatorium. Paris. 1673. Fol.

Mariotte, traité de la percussion ou choc des corps. Paris 1675 12.

Jac. Bessoni, theatrum instrumentorum et machinarum. Lugd. Bat. 1678. Fol.

Lamy, traités de mécanique. Paris 1679. 12. et 1687. et 1734. 8.

Paul. Casati, mechanicorum libri octo. Lugd. Bat. 1684. 4. — Deſſen terra machinis mota etc. Romae 1668. Fol.

Franc. Tert. de Lanis, magisterium naturae et artis. III Tom. Parmae 1684. Fol.

Mariotte, traité du mouvement des eaux et des autres corps fluides. Paris 1686. 12. Auch in den Oeuvres de Mariotte. Tom. II.

Project d'une nouvelle méchanique, par Mr. Varignon. Paris 1687. 4.

Is. Newton, principia mathematica philosophiae naturalis. Lond. 1687. 4.; auch Cambridg. 1713. 4.; Amstel. 1714. 4. Ed. Pemberton London 1726. 4. Ed. le Sueur, Jacquier et Calendrini. III Tom. Genev. 1739 et 1741. 4.; Lausanne 1744. 4.; Pragae 1783, 1785. 4.

Heronis Alexandrini, Buch von Luft- und Waſſerkünſten, welche von Friedrich Commandino von Urbin aus dem Griechiſchen in das Lateiniſchen überſetzt ... durch Agathum Carionem. Frankf. 1688. 4.

Dominic. Guilielmini, mensura aquarum fluentium. Bonon. 1690. 4.

Phil. de la Hire, traité de mécanique. Paris 1695. et Lyon 1698. 12.

J. G. Pardies, discours du mouvement local. 1691. 8.

J. Rohaulti, de arte mechanica tractatus mathematicus. Lond. 1692. 8.

Rob. Boyle, medicina hydrostatica. Genev. 1693.

M. D. Papin, recueil de diverses pieces, touchant quelques nouvelles machines. Cassel 1695. 8.

Nic. Ozanam, mecanique. Paris 1699. 8. —

Gal. Galilei, de motu liber. Lugd. Bat. 1699. 4. — Deſſen Discursus et demonstrat. mathematicae circa duas novas scientias pertinentes ad mechanicam et motum localem; ex lingua ital. in latin. versae. Lugd. Bat. 1699. 4.

Perrault, recueil de plusieurs machines de nouvelle invention. Paris 1700. 4.

Ant. Parent, élémens de Mecanique et Physique. Paris 1700. 12.

Cartesii, tractatus de mechanica, ed. in opusc. posth. Amstel. 1701. 4.

G. A. Böckler, Architectura curiosa oder Bau- und Waſſerkunſt. Nürnb. 1704. Fol.

H. Ditton, the general laws of nature and motion, with their application to mechaniks. Lond. 1706. 8.

L. Chr. Sturm, vollſtändige Mühlenbaukunſt. Augsb. 1718. Fol. 5te Aufl. Nürnb. 1815. Fol. — Deſſen kurze Anleitung die Waſſermühlen zu verbeſſern. Hamb. 1712. 8. — Deſſen Anweiſung von Fang-Schleuſen und Rollbrücken. Augsb. 1715. Fol. — Deſſen vollſtändige Anleitung zu Waſſerkünſten, Waſſerleitungen ꝛc. Augs. 1720. Fol.

Jac. Hermanni, Phoronomia, sive de viribus et motibus corporum solidorum et fluidorum, libri duo. Amstel. 1716. 4.

J. G. Leutmann, vollſtändige Nachricht von den Uhren. 2 Theile. Halle 1718. 8.

Gal. Galilei, discorso intorno alle cose, che stanno su l'acqua o che in quella si muovono. Firenz. 1718. 4.

Gulielmini, opera omnia mathematica, hydraulica etc. II Tom. Genev. 1719. 4.

Joh. Poleni, de motu aquae mixto libri duo. Patav. 1717. 4.

C. et P. Perrault, oeuvres diverses de Physique et de Mechanique. II Vol. Leyde 1721. 4.

Camus, traité des forces mouvantes. Paris 1722. 8.

Jac. Leupold, Theatrum machinarum. 11 Bände. Leipzig 1724—1787. Fol. Jeder Band unter einem beſondern Titel, nämlich der erſte: Schauplatz des Grundes mechaniſcher Wiſſenſchaften; der zweite Schauplatz der Waſſerbaukunſt; der dritte und vierte Schauplatz der Waſſerkünſte, der fünfte Schauplatz der Hebzeuge; der ſechſte Schauplatz der Gewichtkunſt und Waagen; der ſiebte Schauplatz des Brückenbaues; der achte Schauplatz der Rechen= und Maaßkunſt; der neunte bis eilfte Schauplatz der Mühlenbaukünſt. Bei letzteren befindet ſich Beyers Mühlenbaukunſt als Nachtrag.

Mariotte's Grundlehren der Hydroſtatik und Hydraulik; a. d. Franz. überſ. von J. C. Meinig. Leipzig 1723. 8.

P. Varignon, nouvelle mécanique ou statique, dont le project fut donné en 1687. Ouvrage posthume. II Tom. Paris 1725. 4.

P. Varignon, traité du mouvement et de la mesure des eaux coulantes et jelissantes, publié par Pujol. Paris 1725. 4.

S. Reyheri, tractatus de hydraulica, sive de aquarum et aquaeductium disciplina. Hamb. 1725. 4.

A. Motte, treatise of the mechanical powers. London 1727. 8.

Switzer, an introduction to a general system of Hydrostatiks and Hydraulik etc. II Vol. London 1729. 4.

Jo. Bernoulli, hydraulica, nunc primum de-

tecta ac demonstrata directe ex fundamentis pure mechanicis, ann. 1732; in ſeinen Operibus Tom. IV.

J. F. Weidleri, tractatus de machinis hydraulicis, toto terrarum orbe maximis, Marlensi, Londinensi et aliis rarioribus similibus. Witemb. 1733. 4.

Dom Alexander, traité général des horloges. Paris 1734. 8. — Dom. Alexander, ausführliche Abhandlung von den Uhren, überſ. von Chr. Ph. Berger. Lemgo 1738. Neue Aufl. 1763. 8.

Joh. Math. Beyer, Schauplatz der Mühlenbaukunſt. 3 Bände. Leipzig 1735. Fol.; und Dresden 1767. Fol. Fortſetzung von Weinhold. Dresden 1788 und 1803. Fol.

Jo. van Zyl, Theatrum machinarum universale. Amstel. 1734. Fol.

Machines et inventions, approuvées par l'Acad. roy. des sciences. VI Tom. Paris 1735—1777 4.

L. Euler, Mechanica, seu motus scientia analytice pertractata. II Tom. Petrop. 1736. 4.

Bern. Belidor, architecture hydraulique. IV Vol. Paris 1736 — 1753. 4.

Belidor's Architectura hydraulica oder die Kunſt die Gewäſſer zu leiten ꝛc.; a. d. Franz. Augsb. 1740 — 1771. Fol.

Dan. Bernoulli, Hydrodynamica, sive de viribus et motibus fluidorum commentarii. Opus academicum, ab auctore, dum Petropoli ageret, congestum. Argentor. 1738. 4.

Sammlung nützlicher Maſchinen und Inſtrumente, nebſt deren Erklärung; a. d. Franzöſiſchen, Engliſchen und andern Sprachen in's Deutſche überſ. Nürnb. Fol. (ohne Jahrzahl.)

Guido Grandi, institutione mecaniche. Florent. 1740. 8.

D'Alembert, Traité de l'équilibre et du mouvement des fluides. Paris 1744. 4.

J. T. Desaguliers, a course of experimental philosophy. Vol. I. London 1745. 4.

Thiout, traité de l'horlogerie mécanique et pratique. II Vol. Paris 1771. 4.

Heinr. Sully, Unterricht von Eintheilung der Zeit und Einrichtung der Uhren; a. d. Franz. überſ. von Charles. Lemgo 1745. 8.

Im. Kant, von der wahren Schätzung der lebendigen Kräfte. Königsberg 1746. 8.

J. A. de Segner, exercitationum hydraulicorum fasciculus. Gotting. 1747. 4.

A. G. Lancelotti, disquisitio ulterior de viribus attractivis seu centralibus. Rom. 1747. 4.

T. A. Alberti, theoremata quaedum mathem. de motu gravium in medio resistente. Halae 1747. 4.

C. Wolff, elementa matheseos universae. Tom. II. Halae 1750. 4.

G. F. Baermann, dissert. de cuneo. Witenb. 1751. 4.

J. H. Gravenhorſt, Nachricht von einer Waſſermaſchine, die von aller ~~Bewegung frei iſt.~~ Helmſtädt 1751. 4.

R. G. Schober, Verſuch einer Theorie von der Ueberwucht. Leipzig 1751. 8.

G. W. Poezinger, propositiones aliquot staticae. Erlangae 1751. 4.

J. Adami, specimen hydrodynamicum de resistentia corporum in fluidis motorum. Berol. 1752. 4.

A. G. Kaestner, vectis et compositionis virium theoria evidentius exposita. Lips. 1753. 4.

J. A. le Paute, traité des horloges. Paris 1755. 4.

J. G. Hartmann, Unterricht von Verbeſſerung aller Uhren. Halle 1756. 8.

E. Palmquist, grunderne til Mechaniken. Stockholm 1756. 8.

De la Caille, leçons élémentaires de mécanique et statique. Paris 1757. 4.

De la Caille, lectiones mechanicae. Viennae 1759. 4.

Joh. Pet. Eberhard, Beyträge zur Mathesi applicata, nämlich zum Mühlenbau ꝛc. Halle 1757. 8. — **Deſſen** neue Beyträge zur Mathesi appicata, worin die erſten Gründe der Mühlenbaukunſt, Hydrotechnik und Bergwerkswiſſenſchaften erklärt werden. Halle 1773. 8.

Jul. le Roy, Anweiſung, die einfachen und Repertiruhren wohl einzurichten. Dresden 1759. 8.

Ferd. Berthoud, l'art de conduire les pendules et les montres. Paris 1759. 12.

C. J. Laurentius, Abhandlung von Verbeſſerung der Windmühlen. Nürnb. 1759. 4.

J. M. Matsko, generaliores meditationes de machinis hydraulicis. Lemgo 1761. 4.

Bossut, traité élémentaire de mecanique et de dynamique. Paris 1763. 8. Auch Paris 1775. 8.

Jens Kraft, Forelåsninger over Mechanik. 2 Thle. Sorøe 1763. 4. — **Deſſen** Forelåsninger over Statik og Hydrodynamik. Sorøn 1764. 4. — **Deſſen** mechanica, lat. reddita a **Jo. Nicol. Tetens**. Schwerin. 1772. 4. — **Deſſen** Vorleſungen über die Mechanik; überſ. von **J. C. A. Steingruber**. 2 Bände. Dresden 1787. 8.

F. Berthoud, essai sur l'horlogerie. II Vol. Paris 1763. 4.

Caſp. Calvör, hiſtoriſch chronologiſche Nachricht und Beſchreibung des Maſchinenweſens beim Bergbau auf dem Oberharze. 2 Bände. Braunſchweig 1763. Fol.

L. Euler, theoria motus corporum solidorum. Rostock. et Greifsw. 1765. 4. Ed. nov. 1790. 4.

Raccolta d'autori che trattano del moto dell' acque; ed. sec. VII Tom. Fierenz. 1765. 4.

P. A. Lochi, idrostatica. Milano 1765. 4.

Caſp. Walther, Architectura hydraulica. Augsb. 1765. Fol.

Castelli, della misura dell' acque correnti. Parma 1766. 4. VI Tom.

J. G. Scopp, Schauplatz des mechaniſchen Mühlenbaues. Frankf. und Leipz. 1766. 4.

A. G. Käſtner, Anfangsgründe der höhern Mechanik. Göttingen 1766. 8. Neue Aufl. 1793. 8.

Deſſen Anfangsgründe der Hydrodynamik, welche von der Bewegung des Waſſers beſonders die praktiſchen Lehren enthalten. Göttingen 1769. 8. Neue Aufl. 1797. 8.

Lucas Voch, Einleitung zur Architectura hydraulica. Augsb. 1769 und 1799. Fol.

J. L. Böckmann, erſte Gründe der Mechanik. Carlsruhe 1769. 8.

W. J. G. Karſten, Lehrbegriff der geſammten Mathematik. 3ter bis 6ter Theil. Greifswalde 1769 — 1771. Die mechaniſchen Wiſſenſchaften.

Picard's Abhandlung vom Waſſerwägen, mit Beiträgen von Lambert. Berlin 1770. 8.

Andr. Kaovenhofen, Abhandlung von den Rädern der Waſſermühlen, und dem Werke der Schneidemühlen. Riga 1770. 4.

W. G. Karſten, Abhandlung über die vortheilhafteſte Anordnung der Feuerſpritzen. Greifswalde 1773. 4.

F. L. Cancrinus, erſte Gründe der Berg- und Salzwerkskunde. Th. VII. Bergmaſchinenkunſt. Frankf. a. M. 1773.

P. C. Scherffer, institutiones mechanicae. II Partes. Vindeb. 1773. 4.

A. V. P. Antoni, instituzioni fisico-mecaniche. II Vol. Turin, 1773. 8. — Deſſen institutions physico-méchan. traduites en franc. Paris 1777. 8.

G. S. Klügel, Preisſchrift über die beſte Einrichtung der Feuerſpritzen. Berlin 1774. 4.

T. van der Horst, Theatrum machinarum, 1 Deel. Amstel. 1757; 2 Deel door Jac. Polly en Jan Schenk. Amst. 1774.

Ph. F. Hahn, Beſchreibung mechaniſcher Kunſtwerke. 3 Stücke. Stuttg. 1774. 8.

C. Scherffer, Abhandlung von der Waſſerſchraube. Wien 1774. 8.

Rog. Cotes, hydrostatical and pneumatical lectures, publ. by Rob. Smith. London 1775. 8.

Greg. Fontana, idrodinamica sopra i getti d'acqua. Mant. 1775. 4.

Bossut, traité élémentaire d'hydrodynamique. II Vol. Paris 1775. 8. Ed. sec. 1777. — Boſſüt, Lehrbegriff der Hydrodynamik, nach Theorie und Erfahrung, überſ. von K. Chr. Langsdorf. 2 Bände. Frankfurt a. M. 1792. 8.

Abhandlung von den Maſchinen, vermittelſt welchen das Waſſer in die Höhe gehoben wird; in den Sammlungen neuer und nützlicher Abhandlungen und Verſuche aus der Oekonomie, Mechanik und Naturlehre. Nürnb. 1775. 8.

Dupuy, fragment d'un ouvrage grec d'Anthemius sur les paradoxes de mécanique. Paris 1777. 4.

Bossut, nouvelles experiences sur la résistance des fluides. Paris 1777. 8.

W. G. Heſſe, praktiſche Abhandlung zur Verbeſſerung der Feuerſpritzen. 2 Theile. Gotha 1778. 8.

G. C. Schmidt, erſte und zweite Sammlung gemeinnütziger Maſchinen. Berlin und Stralſund 1778. 4.

Frisi, instituzioni di Meccanica, d'Idrostatica, d'Idrometria e dell Architettura statica e idraulica. Milano 1777. 5.

Chr. W. Forſtmann, Unterricht von Taſchenuhren. Halle 1779. 8.

B. F. Mönnich, Anleitung zur Anordnung und Berechnung der gebräuchlichſten Maſchinen. Augsb. 1779. 8.

W. Bailey, the avancement of Arts etc. or description of the useful machines. II Vol. Lond. 1779. 4.

W. Bailey, die Beförderung der Künſte ꝛc. oder Be-

ſchreibung der nützlichen Maſchinen und Modelle im Saale der ökonomiſchen Geſellſchaft in London; a. d. Engl. von J. K. München 1779. 4.

Nic. Poda, Beſchreibung der bei dem Bergbau zu Schemnitz errichteten Maſchinen. Prag 1771. 8. — Deſſen Berechnung der von Höll erbauten Luftmaſchine zu Schemnitz. Wien 1771.

Buat, principes d'hydraulique. II Vol. Paris 1779 8. ed. sec. 1786. — Buats Grundlehren der Hydraulik, überſ. mit Zuſätzen von J. F. Lempe. Leipzig 1786. 8. — Daſſelbe Buch überſ. von J. W. A. Kosmann, mit Anmerk. von J. A. Eytelwein. Berlin 1796. 8.

G. Danovius, Beitrag zur Statik. Berl. 1780. 8.

Coulomb, sur la théorie des machines simples en ayant égard au frottement et à la roideur des cordages. Paris 1781. 4.

Berthelot, la mécanique appliquées aux arts etc. II Vol. Paris 1781. 4.

K. Chr. Langsdorf's mechaniſche und hydrodynamiſche Unterſuchungen. Altenburg 1782. 4.

Jo. Bapt. Horwath, praelectionum mechanicarum Pars I — III. Budae 1782 — 1784. 8.

Bailey, one hundred and six copperplates of mechanical machines and implements, approved and adopted by the society for the encouragement of arts etc. London 1782. Fol.

Girard, traité analytique de la résistance des solides. Paris 1782. 8.

L. Ximenes, teoria e pratica delle resistence de' solidi ne' loro attriti. II Part. Pisa 1782. 4.

Pauli Frisii Operum. Tom. II. Mediol. 1783. 4.

A. G. Mari, le teori idrauliche concordate colle sperienze. Guastalla 1784. 4. — Deſſelben l'idraulica pratica ragionata etc. II Tom. Guastalla 1784. 1786. 4.

G. S. Klügel, Anfangsgründe der praktiſchen Mechanik ꝛc. Berlin u. Stettin 1784. 8. Neue Aufl. 1794. 8.

Joh. Horwath, mechaniſche Abhandlung von der Statik und Mechanik der feſten Körper; a. d. Latein. überſ. von Joh. Pasquich. Peſt 1785. 8.

L. Ximenes, raccolta delle perizie ed opuscoli idraulici. II Tom. Firenza 1785. 1786.

Joh. Horwath, mechaniſche Abhandlung über die Hydroſtatik, Hydraulik und die von der Aeroſtatik und Pneumatik abhängende Maſchinenlehre; aus dem Latein. überſ. von J. Pasquich. Peſt 1786. 8.

d'Antoni, institutions physico-mecaniques etc. II Tom. Strasb. 1787. 8.

Fabre, Verſuch über die vortheilhafteſte Bauart hydrauliſcher Maſchinen, und insbeſondere der Getraidemühlen; a. d. Franz. von A. F. Lüdicke. Leipz. 1786. 8. Das Original heißt: Fabre, essai sur la manière la plus avantageuse de construire les machines hydrauliques et en particulier les moulins à bled. Paris 1783. 4.

J. Chr. Huth, die nöthigſten Kenntniſſe zur Anlegung, Beurtheilung und Berechnung der Waſſermühlen. Halle 1787. 8.

N. A. J. Kirchhof, Beſchreibung verſchiedener nützlicher Maſchinen. Berlin 1787. 8.

C. Chr. Langsdorf, Verſuch einer neuen Theorie hydrodynamiſcher und pyrometriſcher Grundlehren. Marburg 1787. 8.

A. Bürja, Grundlehren der Statik, Hydroſtatik, Dynamik und Hydraulik. 4 Bände. Berlin 1789 — 1792. 8.

Bernard, nouveaux principes d'Hydraulique etc. Paris 1787. 4. Deutſch: Bernard's neue Grundlehren der Hydraulik, mit ihrer Anwendung; a. d. Franzöſ. überſetzt mit Anmerkungen von C. Chr. Langsdorf. Frankf. und Leipzig 1790. 8.

Monge, traité élémentaire de statique à l'usage des colléges de la marine. Paris 1788. 8.

De la Grange, mécanique analytique. Par. 1788 4. — Analytiſche Mechanik von la Grange; a. d. Franz. überſ. von F. W. A. Murhard. Göttingen 1797. 4.

G. Vega, Vorleſungen über die Mathematik. 3ter Bd. Wien 1788. E. Statik und Mechanik.

Joh. Pasquich, Verſuch eines Beitrags zur allgemeinen Theorie von der Bewegung und vortheilhafteſten Einrichtung der Maſchinen. Leipzig 1789. 8.

Die praktiſche Mühlenbaukunſt, mit 31 Kpfrn. 1789. 4.

E. C. A. Behrens praktiſche Mühlenbaukunſt oder gründliche und vollſtändige Anweiſung zum Mühlenbau. Schwerin 1789. 8.

Jo. Pesuti, opusculi due all' Idrodinamica appartenenti etc. Rom. 1789.

Pt. Henri, consideraciones ſisico mathematicas sobre differentos puntos de mecanica e hidraulica etc. Sevilla 1789. 4.

V. Tossombroni, Memoria idraulico-storiche etc. Firenze 1789. 4.

Fr. Koch, praktiſche Handgriffe in Verbeſſerung alter und Verfertigung neuer Mühlwerke. Erlangen 1789. Fol.

M. Metternich, von dem Widerſtande der Reibung, nebſt einem Anhange von der Straffheit der Seile. Frankf. a. M. 1789. 8.

Joh. Pasquich, Unterricht in der mathematiſchen Analyſis und Maſchinenlehre. 2 Bände. Leipzig 1790. 8. Und Beilage dazu 1798. 8.

H. D. Wilke, Aufſätze, mathematiſchen, phyſikaliſchen und chemiſchen Inhalts. Göttingen 1790. 8. Eine ſehr gute Abhandlung über Mühlen.

C. L. Reinhold, allgemeine Anwendung der Hydroſtatik auf die Maſchinen- und Waſſerbaukunſt. Münſter und Osnabrück. 1790. 8.

Prony, nouvelle architecture hydraulique etc. Paris 1790. 4. — Prony, neue Architektura hydraulika; a. d. Franz. von C. Chr. Langsdorf. 2 Bände. Frankf. a. M. 1795 u. 1801. 4.

J. K. Weinhold, Mechanik für Ungelehrte. 2 Theile. Dresden 1790—1792. 8.

R. Woltmann, Beiträge zur hydrauliſchen Architektur. 4 Bände. Göttingen 1791—1799. 8.

C. Boſſüt, Lehrbegriff der Hydrodynamik; überſ. von C. Chr. Langsdorf. 2 Bände. Frankf. a. M. 1792. 8.

C. F. Wiebeking, Beiträge zum praktiſchen Waſſerbau und zur Maſchinenlehre. Düſſeldorf 1792. 4.

F. Berthoud, traité des montres à longitude. Paris 1792. 4.

Mar. Fontana, della dinamica libri tre. Pavia 1792—1795. 8.

Lorenz Claußen, praktiſche Anweiſung zum Mühlenbau. Leipzig 1792. 4.

Sven Rinman, afhandling rörande Mechaniquen med tillämpning i synnerhed til bruk och bergverk. II Tom. Stockholm 1792–1800. 4.

J. G. Geißler, Lehrbegriff der Uhrmacherkunſt. 10 Thle. Leipzig 1793—1799. 4.

Bm. Ferrari, dissertazione idrauliche. Milano 1793. 4.

J. C. Fiſcher, Anfangsgründe der mechaniſchen Wiſſenſchaften und der Maſchinenlehre. Jena 1793. 8.

Ad. Melzer, neu verbeſſerte Mühlenbaukunſt. 3 Thle. Merſeburg 1793. 8.

C. Chr. Langsdorf, Lehrbuch der Hydraulik, mit beſtändiger Rückſicht auf die Erfahrung. Altenburg 1794. 4. Fortſetzung dieſes Lehrbuchs 1796. 4.

Oliver Evans, the young Mill-wrigt and Millers-guide. Philadelphia 1794. 8. V Vol.

J. Smeaton, experimental enquiry, concerning

the natural powers of wind and water to turn mills and other machines, depending on circular motion. London 1794. 8.

Joſ. Baader, Theorie der Saug= und Hebepumpen. Baireuth 1794. 4.

Joh. Helfenzrieder, Abhandlung von den Fehlern der gewöhnlichen Maſchinen, abſonderlich der Hebzeuge, und wie ſie zu verhüten ſeyen ꝛc. Augsburg 1795. 8.

Joh. Friedr. Lempe, Lehrbegriff der Maſchinenlehre, mit Rückſicht auf den Bergbau. 2 Theile. Leipzig 1794 und 1797. 4.

J. L. J. v. Gerſtenbergk, theoretiſch=praktiſcher Unterricht, das Waſſer durch Röhrenwerke zu leiten. Jena 1795. 4.

C. F. Parrot, theoretiſch=praktiſche Abhandlung über die Beſſerung der Mühlräder. Nürnb. 1795. 8.

F. G. Gerſtner, Theorie des Waſſerſtoßes in Schußgerinnen. Prag 1795. 4.

C. C. H. Kunze, Schauplatz der gemeinnützigſten Maſchinen ꝛc. 3 Bände. Hamb. 1796—1802. 8.

J. A. Clemens, Darſtellung der Chapmanſchen Verſuche zur Beſtimmung des Widerſtandes flüſſiger unbegränzter Materien. Berlin 1797. 8.

C. Chr. Langsdorf, Handbuch der Maſchinenlehre. 2 Bände. Altenburg 1797. 4.

Chr. Brünings Abhandlung über die Geſchwindigkeit des fließenden Waſſers; a. d. Holländ. überſ. von Kröncke. Frankf. a. M. 1798. 4.

F. Berthoud, histoire de la mesure du tems par les horloges. II Vol. Strasb. 1798. 4.

F. L. v. Cancrin, praktiſche Methode Oehlmühlen nach neuer Art zu bauen. Marburg 1798. 8.

G. C. Müller, praktiſche Abhandlung vom Nivelliren oder Waſſerwägen. Göttingen 1799. 8.

Jo. Pasquich, opuscula statico-mechanica, prin-

cipiis analyseos finitorum superstructa. II Vol. Lips. 1799. 8.

Th. A. Mudge, description with plates of the time-keeper. Lond. 1799. 4.

Ant. Hiltenbrand, Anfangsgründe der zur Landwirthſchaft nöthigen Mechanik. Wien 177 .

J. G. Hofmann, der Waſſermühlenbau. Königsb. 1800. 4.

John Banks, Abhandlung über die Mühlenwerke; a. d. Engl. von Zimmermann. Berlin 1800. 8.

J. Chr. Eiſelen, Beitrag zur Anwendung des Waſſers auf unterſchlächtige ſogenannte Kropfräder. 2 Hefte. Berlin 1800. 1801. 8.

B. F. Mönnich, kurze Theorie und Praxis des Nivellirens. Berlin 1800. 8.

J. L. Hogrewe, praktiſche Anweiſung zum Nivelliren oder Waſſerwägen. Hannover 1800. 8.

C. F. T. v. Schad, Abbildung und Beſchreibung einer von G. H. Müller erfundenen Hand-, Schrot- und Mahlmühle. Leipzig 1800. 4.

F. G. Buſſe, Erinnerungen gegen Karstens Theorie des Spritzenbaues; in Heidenburgs Archiv der reinen und angewandten Mathematik. Leipz. 1800. 8. Heft 11.

J. E. Silberſchlags praktiſche Abhandlung von Prüfung und richtiger Angabe der Feuerſpritzen; mit Anm. und Zuſätzen von F. G. Buſſe. Halle 1800. 8.

Seb. de Maillard, méthode nouvelle plus courte et plus simple de traiter la mécanique. Vien. 1800. 8.

Joſ. v. Baader, neue Vorſchläge und Erfindungen zur Verbeſſerung der Waſſerkünſte. Baireuth 1800. 4.

J. F. C. Werneburg, neu verbeſſerte Theorie der Windmühlenflügel. Leipz. 1800. 8.

J. A. Eytelwein, Handbuch der Mechanik feſter Körper und der Hydraulik. Berlin 1801. 8.

C. Chr. Langsdorf, Grundlehren der mechaniſchen Wiſſenſchaften. Erlangen 1802. 4.

J. G. Hofmann, Anweiſung zur Verzeichnung der Kämme des Räderwerks in Mühlen; ein Anhang zum Waſſermühlenbau. Königsberg 1802. 8.

H. Ernſt, Anweiſung zum praktiſchen Mühlenbau oder gründliche Abhandlung zur Verfertigung des geſammten Räderwerks. 7 Theile. Leipzig 1802—1807. 8.

J. J. A. Ide, Handbuch der Mechanik. 2 Theile. Berlin 1802. 8.

L. N. M. Carnot, principes fondamenteaux de l'equilibre et du mouvement. Paris 1803. 8. — Carnot Grundſätze der Mechanik; a. d. Franz. von Weiß. Leipzig 1805. 8.

E. Nordvall, Maſchinenlehre; a. d. Schwed. überſ. von J. G. L. Blumhof. 2 Theile. Berlin 1804. 4.

R. Woltmann, theoretiſche und praktiſche Unterſuchungen über die Wirkung der Maſchinen, um augenblickliche Bewegung hervor zu bringen. Göttingen 1804. 8.

Beiträge zur Verbeſſerung des Mühlenbaues, zwei gekrönte Preisſchriften von Meißner und Uhlhorn. Hamb. 1804. 4.

H. G. Flörke, vom Mühlenbau und Mühlenweſen. Berlin 1804. 8.

J. Schultz, Anfangsgründe der reinen Mechanik. Königsberg 1805. 8.

H. E. Brodreich, Verſuch einer Theorie des Schwungrades und der Kurbel. Frankf. u. Leipz. 1805. 8.

J. A. Eytelwein, Bemerkung über die Wirkung des Stoßhebers. Berlin 1805. 4.

F. G. Buſſe, Betrachtung der Winterſchmidt- und Göllſchen Waſſerſäulenmaſchine. Freiberg 1805. 8.

Gilly und Eytelwein, praktiſche Anweiſung zur Waſſerbaukunſt. 4 Theile. Berlin 1805. 4.

L. Euler, die Geſetze des Gleichgewichts und der Be-

wegung flüſſiger Körper; überſ. von H. W. Brandes. Leipzig 1806. 8.

C. Chr. Langsdorf, Handbuch der gemeinen und höhern Mechanik feſter und flüſſiger Körper. Heidelb. 1805 8.

Beſchreibung und Abbildung des hydrauliſchen Widders, als beſte Bewäſſerungsmaſchine. Leipzig 1807. 8.

J. A. Eytelwein, Handbuch der Statik feſter Körper, mit Rückſicht ihrer Anwendung in der Architektur. 3 Bände. Berlin 1808. 8.

F. E. Th. Funk, Beiträge zur allgemeinen Waſſerbaukunſt und Beſchreibung der hydrometriſchen Verſuche. 2 Bde. Lemgo 1808. 4.

Michelotti's hydrauliſche Verſuche; a. d. Ital. überſ. von Zimmermann. Berlin 1808. 4. Das Original heißt: **F. D. Michelotti, sperimenti idraulici diretti a facilitar la prattica del misurare le acque correnti. Torin. 1767. 4.**

F. R. v. Gerſtner, Abhandlung über die oberſchlächtigen Waſſerräder. Prag 1809. 8.

C. Neumann, der Waſſermahlmühlenbau. 3 Hefte. Berlin 1810 – 1817. 4.

E. F. Wrede, Theorie des Stoßhebers, nach Maaßgabe der höhern Mechanik. Berlin 1815. 4.

J. L. Späth, über die Kröpfe der Mühlgerinne und Beſchaufelung unterſchlächtiger Räder. Nürnb. 1816. 8.

H. W. Brandes, Lehrbuch der Geſetze des Gleichgewichts in der Bewegung feſter und flüſſiger Körper. 2 Theile. Leipz. 1817. 8.

C. Chr. Langsdorf, neuere Erweiterung der mechaniſchen Wiſſenſchaften, beſonders zur Vervollkommnung der Maſchinenlehre ꝛc. Mannh. 1817. 8.

Seb. Maillard, vollſtändige Mechanik aller Gewölbe. Peſth 1817. 8. — Deſſen Anleitung zu dem Entwurf und der Ausführung ſchiffbarer Kanäle. Peſth 1817. 8.

A. J. Lindt, Schauplatz der verbeſſerten Mühlenbaukunſt ꝛc. 2 Bände. München 1819. Fol.

G. F. Wucherer, Lehrbuch der mechaniſchen Wiſſenſchaften. Carlsruhe 1820. 8.

Betancourt, Essai sur la composition des machines. Paris 1819. 4.

J. A. Borgnis, traité complet de mécanique appliquée aux arts etc. VIII Vol. Paris 1818—19. 4.

A. J. Baumgärtner, die Mechanik in ihrer Anwendung auf Geometrie. Wien 1824. 8.

Rob. Buchanan, praktiſche Beiträge zur Mühlen- und Maſchinenbaukunſt, verbeſſert, von Th. Tredgold, und aus dem Engl. überſ. von M. H. Jacobi. Berlin 1825. 8.

Chr. Bernoulli, Betrachtungen über einige neue engliſche Maſchinen. Baſel 1825. 8.

E. Chr. Langsdorf, ausführliches Syſtem der Maſchinenkunde. 2 Bände. Heidelb. 1826. 4.

John Nicholson, der praktiſche Mechaniker und Manufakturiſt; a. d. Engl. Weimar in 4 Lieferungen 1826—1827. 8.

IV.

Schriften über Optik.

Jo. Pisani, perspectiva. Lips. 1504. Fol. Emendata per Georg Hartmann. Norib. 1542. 4.

Vitellionis περιοπτικης libri X. Norib. 1535. Fol. Auch 1551. Fol.

Oront. Finaei, de speculo ustorio liber. Lutet. 1551. 4.

Ευκλειδου οπτικα και κατοπτρικα, Euclidis optica et catoptrica, graece cum interpr. lat. Jo. Penae. Paris 1557. 4.

Euclidis, catoptrica graece et lat. per Con. Dasypodium. Argent. 1557. 4.

Jo. Bapt. Portae, magia naturalis. Neap. 1558. Fol. — Deſſen de refractione opticae partes libri IX. Neap. 1593. 4.

Jo. Fleischeri, de iridibus doctrina Aristotelis et Vitellionis certa methodo comprehensa, explicata et aucta. Viteb. 1571. 8.

Alhazeni, opticae thesaurus libri VII. item Vitellionis libri X. adjectis in Alhaz. commentariis a Fried. Risnero. Bas. 1572. Fol.

Franc. Mautolyci, theoremata de lumine et umbra. Venet. 1575. 4. Auch Messin. 1613. 4. cum notis Clavii Lugd. 1613 et 1617. 4.

H. F. ab Aquapendente, liber de visione, voce et auditu. 1600. Fol. Venet. 1621. Fol.

Euclidis opticae et catoptricae elementa, a Jo. Pena lat. versa. Paris 1604. 4.

Jo. Kepler, paralipomena ad Vitellionem, quibus Astronomiae pars optica traditur. Aug. Vind. 1604. 4.

Mar. Ghetaldi, de parabola et speculo ustorio. 1607. 4.

Petri Rami et Fr. Risneri, opticae libri IV. Cassel 1604. 4. Auch 1615. Und 1625. 4.

Jo. Kepler, Dioptrice. Aug. Vind. 1611. 4.

M. A. de Dominis, de radiis lucis in vitris et iride tractatus. Venet. 1611. 4.

Franc. Aquilonii, opticorum libri VI. Antv. 1613. Fol.

Rog. Baconis, perspectiva, in lucem ed. studio Jo. Combach. Francof. 1614. 4. — Deſſen specula mathematica. Francof. 1614. 4.

Hieronymi Sirturi, Telescopium. Francof. 1618. 4.

Chr. Scheiner, oculus, sive fundamentum opticum ex oculi anatomia. Friburg. 1621. 4. Auch London 1652. 4.

F. Bonaventura, lo specchio ustorio. Bologn. 1632 und 1650. 4.

Jac. Gregorii, optica promota. Lond. 1633. 4.

Claud. Mydorgii, prodromus catoptricorum et dioptricorum libri .V. Paris 1641. 4.

Athan. Kircher, ars magna lucis et umbrae in X libros. Rom. 1644. Fol. et Amstel. 1679. Fol.

J. M. Marci, thaumantias liber de arcu coelesti, deque colorum natura, ortu et causis. Prag. 1648. 4.

De la Cambre, nouvelles observations et conjectures sur l'Iris. Paris 1650. 4.

Petr Borelli, de vero telescopio inventore, cum brevi omnium conspicilliorum historia, Hagae 1655. 4.

Ren. des Cartes, Dioptrice, in Operib. philos. Amst. 1656 und 1663 und 1692. 4.

Damiani et Heliodori larisaei opticorum libri duo, graece et lat. cum notis ed. Erasm. Bartolinus Paris 1657. 4.

Gasp. Schott, magia universalis naturae et artis. Wirceb. 1657. 4.

Is. Vossii, de lucis natura et proprietate. Amst. 1662. 4. Appendix Hag. 1666. 4.

F. M. Grimaldi, physico-mathesis de lumine et coloribus. Bonon. 1665. 4.

Rob. Boyle, experimenta et considerationes de coloribus. Lond. 1665. und Amst. 1671. 12.

Erasm. Bartholini, experimenta crystalli Islandici. Hafn. 1669. 4.

C. Cherubin, dioptrique oculaire. Paris 1671. Fol. — Deſſen de la vision perfaite. Paris 1678. Fol.

Is. Barrow, lectiones opticae et geometricae etc. London 1674. 4.

Zach. Traber, nervus opticus, sive tractatus theoreticus in tres libros opticam, catoptricam et dioptricam distributus. Vien. 1675. Fol.

Jo. Zahn, oculus artificialis teledioptricus. Herbip. 1685. Fol. 2te Aufl. Norib 1702. Fol.

Christ. Hugenii, tractatus de lumine. Lugd. Bat. 1691 12 — Auch Chr. Huyghens traité de la lumière. Leyde 1690. 4.

Nic. Hartsoeker, essai de Dioptrique. Paris 1694 und 1696. 4.

Dav. Gregorii, catoptricae et dioptricae sphaericae elementa. Oxon. 1695. 8.

Chr. Hugenii Dioptrica et de poliendis vitris, in deſſen Oper. posth Lugd. Bat. 1703. 4.

Isaac Newton, optiks or a treatise of the reflexions, refractions, inflexions and colours of light. Lond. 1704 4.; 1721. 4.; 1730. 8.; und II Vol. 1742. 12. — Auch lateiniſch: Optice etc. ed. Sam. Clarke. Lond. 1706. 4.; 1719. 4. u. ſ. w. — Deſſen lectiones opticae, an. 1669—1671 habitae. Lond. 1729. 4. Auch in franzöſiſcher und engliſcher Sprache.

Rob. Smith, a complet system of optiks. II Vol. Cambridge 1738. 4. — Rob. Smith vollſtändiges Syſtem der Optik; a. d. Engl. überſ. von A. G. Käſtner. Altenburg 1755. 4.

Joh. Chriſt. Hertel, richtige Anweiſung, reflectirende Teleſkope zu verfertigen. Halle 1741. 8.

Joach. Friedr. Meyer, kurzer Unterricht von der Beſchaffenheit und dem Gebrauch der Vergrößerungsgläſer und Teleſkope. Dresden 1742. 4.

H. Baker, the microscope made easy. London 1743. 8.

H. Baker, das zum Gebrauch leicht gemachte Mikroſkop; a. d. Engl. Zürch 1753 und 1756. 8.

J. G. Zinn, descriptio anatomica oculi humani, Gotting. 1755. 4.

De la Caille, leçons élémentaires d'optique. Pa-

ris 1756. 8. Neueſte Aufl. 1802. 8. — Lateiniſch: lectiones elementares opticae a Ch. Scheffer. Vindob. 1757.

W. Porterfield, treatise on the eye, the manner and phenomena of vision. II Vol. Lond. 1759. 8.

J. Biſchoff, neue optiſche Beiträge zu Vergrößerungsgläſern und Vortheilen bei Fernröhren. Ulm 1760. 8. — Deſſen praktiſche Abhandlung der Dioptrik. Stuttgart 1772. 8.

J. H. Lambert, photometria, sive de mensura et gradibus luminis et colorum. Aug. Vind. 1760. 8.

Bouguer, essai d'optique. ed. augm. Paris 1760 4. (Aelteſte Aufl. 1729. 12.)

Sam. Klingenstierna, de corrigendis aberrationibus luminis etc. Petrop. 1762. 4.

Neue Verbeſſerung der dioptriſchen Fernröhre, erfunden von Dollond; a. d. Lat. des H. P. C. Scherfers. Leipzig 1764. 4.

R. S. Boscowich, dissertationes quinque ad dioptricam pertinentes. Vindob. 1768. 4. — Deſſen Abhandlung von den verbeſſerten Dollondſchen dioptriſchen Fernröhren. 1765. 8. — Deſſen opera pertinentia ad opticam et astronomiam. V Tom. Venet. 1785. 4.

G. F. Brander, Beſchreibung zweier Mikroſkope. Augsburg 1769. 8.

L. Euler, dioptrica. III Tom. Petrop. et Lips. 1769—1771. 4. — Deſſen nova theoria lucis et colorum, in ſeinen Opusc. varii argumenti. Berol. 1746. 4.

J. F. Häſeler, Betrachtung über das menſchliche Auge. Hamburg 1771. 8. — Deſſen Verbeſſerung der Zauberlaterne. Berlin 1779. 4. — Deſſen Theorie der ſphäriſchen gläſernen Spiegel. Münſter 1775. 8.

J. H. Lambert, merkwürdigſte Eigenſchaften der Bahn des Lichts durch die Luft u. ſ. w. Berlin 1772. 8.

Jos. Harris, treatise of optiks. Lond. 1775. 4.

Jos. Priestley, the history and present state of discoveries, relating to vision, light and colours. II Vol. Lond. 1772. 4. — Prieſtley's Geſchichte und gegenwärtiger Zuſtand der Optik. 2 Theile; a. d. Engl. überſ. mit Anm. von G. S. Klügel. Leipz. 1776. 4.

C. Scherffer, institutionum opticarum partes IV. Vindob. 1776. 4.

J. E. B. Wideburg, Beſchreibung eines verbeſſerten Sonnenmikroſkops. Nürnb. 1775. 4. (Erſte Aufl. 1758.)

Nic. Fuß, Anweiſung, wie alle Arten von Fernröhren in der größten möglichen Vollkommenheit zu verfertigen ſind; a. d. Franzöſ. überſ. von G. S. Klügel. Leipz. 1778. 4.

G. S. Klügel, analytiſche Dioptrik. 2 Thle. Leipz. 1778. 4.

J. Pringle, discourse on the improvement of the reflecting telescope. London 1778. 4.

H. W. M. Olbers, de oculi mutationibus internis. Gotting. 1780. 4.

W. F. v. Gleichen, Abhandlung vom Sonnenmikroſkop. Nürnb. 1781. 4.

J. G. Büsch, tractatus duo optici argumenti. Hamb. 1783. 4.

J. H. Tiedemann, Beſchreibung der von ihm verfertigten achromatiſchen Fernröhre. Stuttgart 1785. 8.

T. Gruber, über die Strahlenbrechung und Abprallung von erwärmten Flächen. Dresden 1787. 4.

J. L. Späth, photometriſche Unterſuchungen über die Deutlichkeit der Beobachtung mit dioptriſchen Fernröhren. Leipzig 1789. 4.

J. W. v. Göthe, Beiträge zur Optik. 2 Stücke. Weimar 1791. 1792. 8.

C. E. Wünſch, Verſuche und Beobachtungen über die Farben des Lichts. Leipzig 1792. 8.

A. Bürja, Anweiſung zur Optik, Katoptrik und Dioptrik. Berlin 1793. 8.

G. Adams Anweiſung zur Erhaltung des Geſichts und zur Kenntniß des Sehens; a. d. Engl. überſ. von J. Kries. Gotha 1794. 8.

Adams, Büſch und Lichtenberg, über einige wichtige Pflichten gegen die Augen; mit Anm. herausgegeben von S. T. Sömmering. Frankf. a. M. 1794. 8.

J. G. F. Schrader, Beſchreibung des Mechanismus eines 26füßigen Teleſkops, ohnweit Kiel errichtet. Kiel 1794. 8.

W. Herſchel, Beſchreibung des 40füßigen reflektirenden Teleſkops; a. d. Engl. überſ. von J. G. Geißler. Leipzig 1799. 8.

C. Horn, über die Wirkung des Lichts auf den lebenden menſchlichen Körper. Königsberg 1799. 8.

J. J. Engel, Verſuch über das Licht. Berlin 1800. 8.

C. Chr. Laugsdorf, Grundlehren der Photometrie, 2 Abtheilungen. Erlangen 1803—1805. 8.

J. W. v. Göthe, zur Farbenlehre. Tüb. 1811. 8.

C. H. Pfaff, über Newtons Farbentheorie und von Göthe's Farbenlehre. Leipzig 1813. 8.

J. C. Winkler, das ~~Kaleidoſkop oder Beſchreibung~~ der Einrichtung deſſelben. Leipzig 1818. 8.

V.

Schriften über die aſtronomiſchen Wiſſenſchaften.

Ge. Purbachii, theoricae planetarum, cura Regiomontan. Norib. 1472. 8. Ed. Reinhold. Viteb. 1542. 8. Auch Bas. 1569. 8.

Jo. Regiomontani, ephemerides. Norib. 1473. 4. — Deſſen disputationes contra Gerhardi Cremonensis in Planet. theoricas deliramenta. Norib. 1473. Fol. — Deſſen tabulae primi mobilis. Norib. 1475. 4. — Deſſen calendarium novum ad annum 1476. Norib. 4. — Deſſen problemata XXIX Saphaeae. 1534. 4. — Deſſen de cometae magnitudine, longitudine etc.

Nor. 1531. und Basil. 1544. 4. — Deſſen problemata astronomica ad Almagestum totum. Nor. 1541. 4. — Deſſen epitome Almagesti etc. Venet. 1496. Fol. — Deſſen und B. Waltheri observationes. Nor. 1544. ed. W. Snellii. Lugd. Bat. 1618. 4. — Deſſen tabula directionum, profectionumque astrologiae. Norib. 1475. Fol. et Tubing. 1554. 4.

Claud. Ptolemaei, cosmographia. Arg. 1482. et Ulm 1482. Fol. — Deſſen Geographia, cura S. Münster. Bas 1548. 4.

Procli, ὑποτυπωσις, seu sufformationes astron. graece cum interpr. lat. G. Vallae. Venet. 1498. Fol.

Jo. de Sacrobosco, libellus de sphaera. Antv. 1482. 8. Ed. Melanthonis. Viteb. 1540. 8.

Tabulae astronomicae Alphonsi regis. Venet. 1492. — Tabulae Alphonsinae, cura L. Gaurici. Venet. 1524. Ed. Reinholdi Tubing. 1571. 4.

Jo. Blanchini, tabulae omnium ex his quae Alphonsum sequuntur etc. Venet. 1495. 4.

Claud. Ptolemaei, magna compositio seu Almagestum, lat. vers. a G. Trapezuntio. Venet. 1515; ed. G. Gaurico. Neap. 1528. Fol.

Joh. Schoner, Conjectur bei dem Anno 1531 erſchienen Cometen. Nürnb. 1531. 4. — Deſſen Ephemeris ad an. 1532. Norib. 4. — Deſſen tabulae resolutae auctae. Nor. 1536. 4. — Deſſen globi stelliferi usus et explicationes. Nor. 1533. 4. — Deſſen organum uranicum et instrumentum impedimentorum lunae. Nor. 1561. Fol. — Deſſen de computo eclesiastico calendarii necessario reformati. Bamb. 1522. Fol.

Rudimenta astronom. Alfragani, item Albategnii etc. Norib. 1537. 4.

Petr. Apiani, instrumentum primi mobilis. 1534. 4.

Jo. Dryander, sphaerae materialis gründliche außlegung. Marpurg 1539. 4.

Nic. Copernici, Torunensis, de revolutionibus orbium coelestium libri sex. Norib. 1543. Fol. et Basil. 1566. Fol. Ed. Mülleri. Amst. 1617. 4.

Claud. Ptolemaei, omnia quae extant opera, ed. E. O. Schreckenfuchs. Bas. 1551. Fol.

Procli, de sphaera liber; Cleomedis de mundo libri II.; et Arati phaenomena. Antverp. 1553. 8. et Basil. 1561. 8.

Erasm. Osw. Schreckenfuchs, commentarii in theoricas planetarum Purbachii. Basil. 1556. Fol.

Ptolemaei planisphaerium cum Fr. Commandini comment. Venet. 1558.

Joach. Helleri, descriptio cometae, an. 1558 observati. Norib. 1558. 4.

Erasm. Reinhold, tabulae Prutenicae. Tubing. 1571. 4.

Casp. Peuceri, hypotheses astronomicae, seu theoricae planetarum. Viteb. 1571. 4.

Chr. Heydii, descriptio mirae stellae in Cassiopeja. Nor. 1572. 4.

G. Buſch, Beſchreibung des Cometen vom J. 1572. Erfurt 1573. 4. — Deſſen Beſchreibung von den Eigenſchaften des Cometen vom J. 1577. Frankf. 1577. 4.

Antolycus, de sphaera quae movetur. Romae 1587. 4. — Deſſen de vario ortu et occasu astrorum inerrantium. Rom. 1588. 4.

Gemini Rhodii isagoge in phaenomena etc. interpr. Hilderico de Valer. Altorf. 1590. 8.

Chr. Clavii, in sphaeram Jo. de Sacrobosco commentarius. Lugd. Bat. 1593. 4. Rom. 1606. 4.

Jo. Stoflerini, elucidatio fabricae ususque astrolabii. Colon. 1594.

Jo. Kepleri, prodromus dissertationum cosmo-

graphicarum, cum G. J. Rheticí narratione de libris revolutionum Copernici. Tubing. 1596. 4. — Deſſen phaenomenon singulare, seu Mercurius in sole. Lips. 1609. 4. — Deſſen narratio de observatis a se quatuor satell. Jovis. Francof. 1611. 4. — Deſſen tabulae Rudolphinae. Ulm 1627. Fol.

Tycho de Brahe, astronomiae instauratae mechanica. Wandesburgi 1598.; Norib. 1602. Fol. — Deſſen astronomiae instauratae progymnasmata. II Tom. Pragae 1610. 4. — Deſſen de mundi aetherei recentiora phaenomena. Prag. 1610. 4. — Deſſen epistolae astronomicae. Uranib. 1610. 4. — Deſſen historiae coelestis partes duae. Vien. 1668. Fol. — Deſſen contemplatio mathem. stellae novae etc. Hafniae 1573. 4.

Jo. Bayer, uranometria, omnium asterismorum continens schemata. Aug. Vind. 1603. 4.; Ulmae 1639 4.; Francof. 1640. 4.

Jo. Kepler, physica coelestis etc., seu astronomia nova. Prag 1609. Fol. — Deſſen Bericht von dem Kometen 1607. Halle 1608. — Deſſen epitome astronomiae Copernicae. Francof. 1618 und 1635. 8. — Deſſen Tabulae Rudolphinae. Ulm. 1627. Fol. — Deſſen de Cometis libri tres. Aug. Vind. 1619. 4. — Deſſen harmonices mundi libri V. Lincii 1619. Fol. — Deſſen somnium de astronomia lunari. Francof. 1634. et Sagan 1634. 4.

Mich. Moestlini, epitome astronomiae. Tubing. 1610. 8.

Gal. Galilei, nuncius sidereus etc. Francof. 1610 8. — Deſſen Systema cosmicum, dialogis IV. de Ptolemaico et Copernico systematibus. Bonon. 1656. 4. — Ed. Bernegger Amstel. 1637. 4.; Lond. 1663. 8.

Jo. Fabricii, de maculis in sole observatis et apparente earum cum sole conversione. Viteb. 1611. 4.

Chr. Scheiner, tres epistolae de maculis solaribus. Aug. Vind. 1612. — Deſſen rosa ursina etc. Rom. 1626. Fol. — Deſſen de refractionibus coelest. Ingolst. 1615. 4. — Deſſen sol ellipticus. Aug. Vind. 1615. 4.

Sim. Marii, mundus Jovialis anno 1609. detectus. Nôrib. 1614. 4.

W. Snellii, Eratosthenes Batavus, de terrae ambitus etc. Leyde 1617. 4.

Procli opuscula, graece et lat. Lugd. Bat. 1617. 8.

Observationes astronomicae Hassiacae, una cum observat. Regiomontani et Waltheri Norimbergae etc. ed. a W. Snellio. Lugd. Bat. 1618. 4.

Schiller, coelum stellatum christianum. Aug. Vind. 1627. Fol.

Dion. Petavii, uranologium. Paris 1630. Fol. — Deſſen opus de doctrina temporum. II Tom. Paris 1627. Fol.

Petr. Gassendi, Mercurius in sole visus, et Venus invisa. Paris 1631. 4. — Deſſen opera. VI Tom. Paris 1658. Fol. — Deſſen institutio astronomica. Paris 1647. 4.

A. Trew, astronomiae pars sphaerica. Norib. 1637. 8. — Deſſen kurze Verfaſſung der ganzen Sternkunſt. Altdorf 1660. 4.

Christ. Longomontani, astronomia danica. Amstel. 1640. Fol.

A. M. Sch. de Rheita, oculus Enochi et Eliae, sive radius sidereo-mysticus. Antv. 1645. Fol.

Mahom. Albategni, liber de scientia stellarum; ed. Regiomontani. Bonon. 1645. 4.

Franc. Fontanae, novae coelestium terrestriumque rerum observationes. Neap. 1646. 4.

Jo. Hevelii, selenographia. Gedani 1647. Fol. — Deſſen cometographia. Gedani 1668. Fol. — Deſ-

ſeñ prodromus cometicus. Ged. 1665. Fol. — Deſſen machina coelestis. Ged. 1673. Fol. — Deſſen annus climacterius. Ged. 1685. Fol. — Deſſen firmamentum Sobiesciacum. Ged. 1690. Fol. — Deſſen prodromus astronomiae. Ged. 1690. Fol.

J. B. Riccioli, almagestum novum. Bonon. 1651 Fol. — Deſſen Astronomia reformata. Bon. 1665. Fol.

Jos. Blancanus, de sphaera mundi. Mutin. 1653. Fol.

M. Manilii, astronomicon, a Jos. Scalingero etc. Argent. 1655. 4.

Jac. Billy, tabulae de doctrina eclips. Divion. 1656. 4. — Deſſen opus astronomicum. Div. 1661. 4.

Anath. Kircher, iter coeleste. Rom. 1657. 4. ed. G. Schotti. Wirceb. 1671. 4.

Jo. Newton, astronomia Britannica. London 1657. 4.

Chr. Hugenii, systema Saturnium. Hagae 1659. 4. — Deſſen cosmotheoros s. de terris coelestibus conjuncturae. — Deſſen opera astronomica; ed. s'-Gravesande. III Tom. Lugd. Bat. 1728. 4.

Stan. Lubienietz, theatrum cometicum. III Vol. Lugd. Bat. 1661. Fol.

Thom. Street, astronomia Carolina, seu nova theoria motuum coelestium. Lond. 1661. 4.

Mutoli (eigentlich G. A. Borelli) del movimento della cometa da 1664. Pisa 1665. 4.

Thom. Hyde, tabulae longit. et latit. stellarum fixarum ex observ. Ulugh Beigh et Muhammed Tizini etc. Oxon. 1665. 4.

Domin. Cassini, opera astronomica. Romae 1666. Fol.

V. Wing, astronomia Britannica. Lond. 1669 Fol.

J. C. Sturm, scientia cosmica, seu tabulae astronomicae. Norib. 1670. 5te Aufl. 1719. Fol.

G. Schickardus, historia coelestis. Ratisb. 1672. Fol.

Rob. Hook, animadversions on the first part of the machina coelestis, of J. Hevelius. Lond. 1674.

Nic. Mercatoris, institutiones astronomicae. Lond. 1676 8.

Edm. Halley, catalogus stellarum australium. Lond. 1679. 4. — Deſſen tabulae astronomicae. Lond. 1749. 4.

Dörfels aſtronomiſche Betrachtung des großen Cometen vom Jahr 1680 u. 1681.

Jac. Bernoulli, conamen novi systematis cometarum. Amst. 1682. 8.

Phil. de la Hire, tabulae astronomicae. Paris 1687. und 1727. 4. — Deſſen tabulae astron. Paris 1702. 4. Deutſch von Klimm. Nürnberg 1725 und 1780. Fol.

Erh. Weigelii, sphaerica. Jen. 1688.

Jo. Chr. Mülleri, observatio transitus Mercurii sub sole. Vienn. 1697. 4.

W. Schickardi, astroscopium. Lips. 1698. 12.

Nicl. Bion, usage des globes célestes et terrestres. Paris 1699. 12. — Deſſen traité de la construction des instrumens de mathematique. Paris 1709. 8. — Deſſen mathematiſche Werkſchule; überſ. und vermehrt von Doppelmayr. Nürnberg 1712. 4. Auch 1765. 4. — Deſſen vom Gebrauch der Globen; überſ. von Berger. Lemgo 1736. 8.

Dav. Gregorii, astronomiae physicae et geometricae elementa. Oxon. 1702. Fol. Lugd. Bat. 1726. 4.

G. Whiston, praelectiones astronomicae. Cantab. 1707. 8.

Ph. Villemot, nouveau system du movement des planètes. Lyon 1707. 12.

Jo. Flamsteedii, historia coelestis. London

1712. Fol. und III Vol. 1723. Fol. — Deſſen Atlas coelestis. London 1729. Fol.

Jo. Poleni, de vorticibus coel. dialogus etc. Patav. 1712. 4.

J. C. Roſt, aſtronomiſches Handbuch. Nürnberg 1718. 4. Neue Aufl. von Kordenbuſch. 4 Bände. 1771. 4.

J. Bayer, Erklärung der Buchſtaben und Zeichen ſeiner Uranometrie. Ulm 1720. 4.

C. A. Hausen, theoria motus solis circa proprium axem. Lips. 1726.

Petr. Horrebow, Copernicus triumphans etc. Hafn. 1727. 4. — Deſſen basis astronomiae etc. Hafn. 1735. Fol.

F. Blanchini, hesperi nova phaenomena. Rom. 1728. Fol. — Deſſen astronomicae observat. selectae etc. Veron. 1737. Fol.

Is. Newton, de mundi systemate. Lond. 1728. 4.

Harris, astronomical dialogues etc. Lond. 1729. 1745. 8.

Jaq. Cassini, ouvrages d'Astronomie. Amst. 1731. 4. — Deſſen tabulae astronomicae. Paris 1740. 4. — Deſſen élémens d'Astronomie. II Vol. Paris 1740. 4.

B. de Fontenelle, entretien sur la pluralité des mondes. Haye 1733 und 1745. 12. — Deſſen Dialogen über die Mehrheit der Welten, überſ. von Mylius, mit Zuſätzen von Bode. Berlin 1789. 8.

Mich. Adelburner, die vornehmſten Wahrheiten der Aſtronomie ꝛc. Nürnb. 1763 — 1740.

De la Plüche, Hiſtorie des Himmels: a. d. Franzöſ. überſ. 2 Theile. Dresden 1740.

J. F. Weidleri, historia astronomiae. Wittenb. 1741. 4. — Deſſen de mechanica astronomia medii aevi. Witt. 1742. 4. — Deſſen institutiones astronomiae etc. Witt. 1754. 4.

Le Monnier, histoire céleste. Par. 1741. 4.

Jo Gabr. Doppelmayr, atlas novus coelestis. Norib. 1742. Fol.

L. Euler, theoria motuum planetarum et cometarum. Berol. 1744. 4. — Deſſen theoria motus lunae etc. Petrop. 1753. 4. — Deſſen theoria motuum lunae nova methodo etc. ed. J. A. Euler, W. L. Krafft et J. A. Lexell. Petrop. 1772. 4. — Deſſen Theorie der Bewegung der Planeten und Kometen; überſ. von Freih. v. Pacaſſi. Wien 1781. 4.

J. J. Marinoni, de astronomica specula domestica et organico apparatu astronomico. Vien. 1744. Fol.

B. Ch. B. Wiedeburg, Einleitung zur Aſtrognoſie. Jena 1745. 8. — Deſſen de parallaxi orbis annui. Jen. 1774. 4.

De la Caille, leçons d'astronomie. Paris 1746. 4. 4te Aufl. von de la Lande. 1780. 4. — Deſſen Fundamenta astronomiae. Paris 1758. 4.

Thom. Wright, new theorie of the universe. Lond. 1750. 8.

Joh. Lulof, Einleitung zur mathematiſchen und phyſikaliſchen Kenntniß der Erdkugel; a. d. Holländ. überſ. von A. G. Käſtner. Gött. 1755. 4.

Observationes astronomiae ab 1717—1752. a patribus soc. Jesu Pekini Sinarum factae et ed. a P. Max. Hell. Viennae 1757. 4.

Th. Barker, account of the discoveries concerning comets. London 1757. 4.

Ephemerides astronomicae ad meridianum Viennens. Vienn. 8. Seit 1757 von Max Hell angefangen, und von Triesnecker und Bürg fortgeſetzt.

J. H. Lambert, propriétés de la route de la lumière par les airs. Haye 1758.

Jo. Alb. Euler, meditationes de motu vertiginis planetarum. Petr. 1760. 4.

J. H. Lambert, kosmologiſche Briefe über die Einrichtung des Weltbaues. Augsb. 1761. 8. — Deſſen Beſchreibung einer neuen und allgemeinen ecliptiſchen Tafel. Berlin 1765. 8.

G. Chr. Reccard, Abhandlung von der großen Sonnenfinſterniß im J. 1763. 4.

De la Lande, Astronomie. II Vol. Paris 1764. 4. Nouv. ed. 1792. 4. — Deſſen histoire céleste. Paris 1801. 4. — Deſſen bibliographie astronomique. Paris 1803. 4.

N. Schmidt, von den Weltkörpern. Hannover 1766. 8. Dritte Aufl. Leipzig 1789. 8.

L. H. Röhl, Einleitung in die aſtronomiſchen Wiſſenſchaften. 2 Theile. Greifswalde 1768. 8.

G. Adams, treatise describing the construction and explaining the use of new celest. et terrestr. globes. ed. sec. London 1769. 8.

Einleitung zur Kenntniß und zum Gebrauch der Erd- und Himmelskugeln. Nürnb. 1769. 4. Neue Aufl. von J. W. Müller. 1801. 8.

J. E. Bode, Abhandlung vom Durchgang der Venus durch die Sonne. Berlin 1770. 8. — Deſſen Anleitung zur Kenntniß des geſtirnten Himmels. 2 Theile. Berlin 1775. 8.; 8te Aufl. 1806. 8. — Deſſen aſtronomiſche Jahrbücher von 1776 bis 1823. 54 Bände. — Deſſen Erläuterung der Sternkunde. Berl. 1778. 8.; 3te Aufl. 2 Theile 1808. 8. — Deſſen Vorſtellung der Geſtirne auf 34 Tafeln ꝛc. Berl. 1782. 4.; neue Aufl. 1805. 8. — Deſſen allgemeine Betrachtung über das Weltgebäude. 3te Aufl. Berlin 1808. 8. u. ſ. w.

Jean Bernoulli, recueil pour les Astronomes. III Vol. Berlin 1771. 8. — Deſſen lettres astronomiques. Berlin 1771. 8.

Tob. Mayer, tabulae motuum solis et lunae. Lond. 1770. 4. — Deſſen tabulae lunares novae et cor-

rectae, cura **Hell** et **Pilgram**. Vienn. 1771. 4. — Deſſen Opera inedita, a Ge. Chr. **Lichtenberg**. Gotting. 1774. 4.

G. F. v. Tempelhoff, genaue Berechnungen der Sonnenfinſterniſſe und Bedeckungen der Fixſterne durch den Mond. Berlin 1772. 8.

A. G. Käſtner, aſtronomiſche Abhandlungen. 2 Samml. Gött. 1772 — 1774. 8.

J. A. v. Segner, aſtronomiſche Vorleſungen. 2 Thle. Halle 1775. 4.

Sammlung aſtronomiſcher Tafeln, unter der Aufſicht der königl. Geſellſch. d. Wiſſenſchaften. 3 Bände. Berl. 1776. 8.

J. H. Helmuth, erſte Gründe der Sternwiſſenſchaft. Braunſch. 1778. 8.

C. **Scherffer**, institutiones astronomiae theor. Vienn. 1778. 8.

J. E. Scheibel, Unterricht zum Gebrauch der künſtlichen Himmels = und Erdkugeln. 2 Theile. Breslau 1779. 1785. 8. — Deſſen aſtronomiſche Bibliographie. 4 Abth. Breslau 1784 — 1789. 8.

G. H. Martini, von den Sonnenuhren der Alten. Leipz. 1777. 8.

H. Bailly, Geſchichte der Sternkunde des Alterthums. 2 Theile. Leipzig 1777. 8. — Deſſen Geſchichte der neuern Aſtronomie. 2 Theile. Leipzig 1796. 8.

C. F. Wünſch, kosmologiſche Unterhaltungen für Freunde der Naturkenntniß. 2 Bände. Leipzig 1778 u. 1791. 8. — Deſſen Lucifer, ein Anhang zu den kosmologiſchen Unterhaltungen. Leipz. 1802. 8.

J. v. Pacaſſi, Theorie der Planeten und Kometen. Wien 1781. 4. — Deſſen Einleitung in die Theorie des Mondes. Wien 1783. 4.

W. **Herschel**, on the parallaxe of the fixed stars and catalogue of double stars. London 1782. 8. — Deſſen über den Bau des Himmels. Königsb. 1791. 8.

Jac. Ferguſon, Aſtronomie nach Newtons Grundſätzen, überſ. von Kirchhof. 2 Theile. Berlin 1783. 8.

P. S. la Place, théorie du mouvement et de la figure elliptique des planètes. Paris 1784. 4. — Deſſen mécanique céleste. II Vol. Paris 1800. 4. — Deſſen Mechanik des Himmels; überſ. von J. C. Burkhard. 2 Bände. Berlin 1800 u. 1802. 4. — Deſſen exposition du système du monde. II Tom. Paris 1808. 8. 4te Aufl. 1817. 8. — Deſſen Darſtellung des Weltſyſtems; überſ. von J. C. F. Hauff. 2 Bände. Frankf. a. M. 1797. 8.

J. E. Bode, Abhandlung von dem neuen Planen Uranus. Berlin 1784. 8. — Deſſen von dem neuen zwiſchen Mars und Jupiter entdeckten Planeten. Berlin 1802. 8.

G. F. Rösler, Handbuch der praktiſchen Aſtronomie. 2 Theile. Tüb. 1788. 8.

Joh. Hieron. Schröter, Beiträge zu den neueſten aſtronomiſchen Entdeckungen. 3 Bände. Berl. 1788—1800. 8. — Deſſen ſelenotopographiſche Fragmente zur genauern Kenntniß der Mondfläche. 2 Bände. Göttingen 1791 und 1802. 4. — Deſſen aphroditographiſche Fragmente zur genauern Kenntniß des Planeten Venus. Gött. 1794. 4. — Deſſen hermographiſche Fragmente zur genauern Kenntniß des Merkurs. Gött. 1816. 8. — Deſſen kronographiſche Fragmente zur genauern Kenntniß des Merkurs. Göttingen 1808. 8. — Deſſen Beobachtungen über die Sonnenfackeln und Sonnenflecken. Erf. 1792. 4. — Deſſen Beobachtungen über die Gebirge und Rotation der Venus. Erf. 1793. 4. — Deſſen Lilienthalſche Beobachtung der neuen Planeten Ceres, Pallas und Juno. Gött. 1805. 8. — Deſſen Beobachtungen des großen Kometen von 1811. Gött. 1815. 8.

F. C. Müller, Tafeln der Sonnenhöhen für Deutſchland. Leipzig 1791. 8.

J. F. Wurm, Geſchichte des neuen Planeten Uranus.

Gotha 1791. 8. — Deſſen praktiſche Anleitung zur Parallaxenberechnung. Tüb. 1804. 8.

H. Englefield, on the determination of the orbits of comets, accord to the method of de la Place and Boscowich. London 1793. 4.

Dion. de Sejour, analytiſche Abhandlung von den Sonnenfinſterniſſen ꝛc. überſetzt von J. E. Scheibel. Bresau 1793. 8.

J. G. F. Bohnenberger, Anleitung zur geographiſchen Ortsbeſtimmung ꝛc. Gött. 1795. 8.

A. G. Käſtner, weitere Ausführung der mathematiſchen Geographie ꝛc. Gött. 1795. 8.

F. W. V. Lach, Anleitung zur Kenntniß der Sternnamen ꝛc. Leipzig 1796. 8.

E. F. Parrot, Einleitung in die Aſtronomie und Geographie. Hof 1797. 8.

W. Olbers, Abhandlung über die leichteſte und bequemſte Methode zur Berechnung der Bahn eines Kometen. Weimar 1797. 8.

F. Th. Schubert, theoretiſche Aſtronomie. 3 Thle. Riga 1798. 4. — Deſſen populäre Aſtronomie. Petersb. 1804. 8.

Kramp, analyse des réfractions astronomiques et terrestres. Leipz. 1799. 4.

J. Kautſch, Sonnen- und Mondfinſterniſſe ꝛc. Petersb. 1800. 8.

J. J. A. Ide, Theorie der Bewegungen der Weltkörper unſeres Sonnenſyſtems. Berlin 1800. 8.

L. Ideler, hiſtoriſche Unterſuchung über die aſtronomiſchen Beobachtungen der Alten. Berlin 1806. 8. — Deſſen Unterſuchungen über den Urſprung und die Bedeutung der Sternnamen. Berlin 1809. 8.

F. de Zach, tabulae speciales aberrationis et nutationis etc. cum 494 stellarum zodiacalium catalogo novo. II Vol. Gothae 1806 und 1807. 4. — Deſſen tabulae motuum solis novae correctae, atque fixarum praecipuarum catalogus novus. Gothae 1792 und 1804. 4.

J. W. Pfaff, aſtronomiſche Beiträge. 3 Hefte. Riga 1806. 8.

Tables astronomiques etc. par Bürg. Paris 1806. 4.

Joh. Schulz, populäre Anfangsgründe der Aſtronomie. Königsb. 1806. 8.

A. G. Walch, ausführliche mathematiſche Geographie. 3te Aufl. Gött. 1807. 8.

G. U. A. Vieth, aſtronomiſche Unterhaltungen für die Jugend. Leipz. 1808. 8.

C. F. Gauſs, theoria motus corporum coelestium in sectionibus conicis solem ambientium. Hamb. 1809. 4. — Deſſen determinatio attractionis, quam exerceret planeta si ejus massa per totam orbitam, ratione temporis uniformiter esset dispertita. Gott. 1819. 4.

F. W. Beſſel, Unterſuchungen über die ſcheinbare und wahre Bahn des 1807 erſchienenen großen Kometen. Königsb. 1810. 4. — Deſſen Unterſuchung der Größe des Vorrückens der Nachtgleichen. Berl. 1815. 4. — Deſſen aſtronomiſche Beobachtungen auf der Sternwarte zu Königsberg ꝛc. Königsb. 1816 — 1818. Fol. — Deſſen fundamenta astronomiae etc. Königsb. 1818. Fol.

J. H. Voigt, kosmographiſche Entwickelung der vornehmſten Begriffe zur Benutzung der künſtlichen Himmels- und Erdkugeln. Weimar 1810. 8.

Hardings Himmelsatlas. Gött. 1810. Fol.

J. G. F. Bohnenbergers Aſtronomie. Tüb. 1811. 8.

A. H. C. Gelbke, Darſtellung der Oberflächen der

Weltkörper unſeres Sonnengebiets, ihres Naturbaues ꝛc. Leipzig 1811. 4. — Deſſen allgemein faßliche Betrachtungen über das Weltgebäude. 3te Aufl. Hannover 1825. 8.

K. H. Nicolai, Wegweiſer durch den Sternenhimmel. 2 Theile. Berl. 1812. 8. 2te Aufl. 1820. 8.

J. H. E. Nachersberg, allgemeiner Sternkalender. Breslau 1816. 8.

H. W. Brandes, die vornehmſten Lehren der Aſtronomie, in Briefen. 4 Theile. Leipzig 1811—1816. 8.

K. J. C. Müller, Aſtronomie für Volksſchulen. Altona 1817. 8. — Deſſen Beſchreibung des Saturnsringes. Altona 1819. 8.

J. B. Mollweide, kurzgefaßte Beſchreibung und Anweiſung zum Gebrauch der Globen. Leipzig 1818. 8.

J. L. Spath, über die Entſtehung und Ausbildung des Sternenhimmels. Nürnb. 1818. 8.

J. G. Sommer, Gemälde der phyſiſchen Welt oder unterhaltende Darſtellung der Himmels- und Erdkunde. Prag 1819. 8. — Deſſen, das Weltgebäude. Prag 1819. 8.

Zuylen de Nyevelt, l'attraction détruite par le mouvement primordial, ou théorie nouvelle du cours des corps célestes et du mouvement. Brux. 1820. 8.

F. K. L. Sickler, Auflöſung der Hieroglyphen in dem Thierkreiſe von Tentyra. Hildburgh. 1820. 4.

C. W. Muncke, Anfangsgründe der mathematiſchen und phyſikaliſchen Geographie. Heidelb. 1820. 8.

J. J. Littrow, Darſtellung der merkwürdigen Sonnenfinſterniß des 7ten Sept. 1820 für die vorzüglichſten Städte Deutſchlands. Peſth 1820. 8. — Deſſen populäre Aſtronomie. 2 Bände. Wien 1825. 8. — Deſſen Annalen der k. k. Sternwarte in Wien. 4 Theile. Wien 1824. Fol.

J. B. Biot, phyſiſche Aſtronomie; a. d. Franz. Leipzig 1821. 8.

Piazzi, Lehrbuch der Aſtronomie; a. d. Italien. überſ. von J. H. Weſtphal. 2 Bände. 1822. 8.

H. C. Schumacher, aſtronomiſche Nachrichten. 3 Bde. Hamb. 1824. 8.

* * *

Die Schriften über Geſchichte der Mathematik und noch einige andere hierher gehörende literariſche Gegenſtände ſind in der Vorrede aufgeführt worden.

Biblioteca Nazionale V. E. III NAPOLI

643086

Digitized by Google